تم تحميل وعرض المادة من :

موقع واجباتي
www.wajibati.net

موقع واجباتي منصة تعليمية تساهم بنشر حل المناهج الدراسية
بشكل متميز لترتقي بمجال التعليم على الإنترنت ويستطيع الطلاب
تصفح حلول الكتب مباشرة لجميع المراحل التعليمية المختلفة

GET IT ON Google Play

Download on the App Store

حمل التطبيق من هنا

قـــررت وزارة الـتـعـلـيـم تـــدريس
هـذا الـكـتـاب وطـبـعـه عـلـى نـفـقـتـهـا

المملكة العربية السعودية

الكيمياء 2

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة 1445 - 2023

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
كيمياء ٢ – التعليم الثانوي – نظام المسارات – السنة الثانية. /
وزارة التعليم – ط ١٤٤٥ . – الرياض ، ١٤٤٤ هـ .
٥٨١ص ؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١ – الكيمياء – كتب دراسية ٢ – التعليم الثانوي – السعودية
ديوي ٥٤٠,٧١٢ ١٤٤٤/٨٦٩١

رقم الإيداع : ١٤٤٤/٨٦٩١
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.

fb.ien.edu.sa

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

بسم الله الرحمن الرحيم

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية **2030** وهو: «إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية»، وذلك من منطلق تطوير التعليم وتحسين مُخرجاته ومواكبة التطورات العالمية على مختلف الصعد.

ويأتي كتاب كيمياء 2 للتعليم الثانوي (نظام المسارات) داعمًا لرؤية المملكة العربية السعودية **(2030)** نحو الاستثمار في التعليم عبر ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة، بحيث يكون الطالب فيها هو محور العملية التعليمية التعلمية.

والكيمياء فرع من العلوم الطبيعية يتعامل مع بنية المادة ومكوناتها وخصائصها النشطة. ولأن المادة هي كل شيء يشغل حيزًا في الفراغ وله كتلة، إذن فالكيمياء تهتم بدراسة كل شيء يحيط بنا، ومن ذلك السوائل التي نشربها، والغازات التي نتنفّسها، والمواد التي يتكون منها جهازنا الخلوي، وطبيعة الأرض تحت أقدامنا. كما تهتم بدراسة جميع التغيرات والتحولات التي تطرأ على المادة. فالنفط الخام يحوّل إلى منتجات نفطية قابلة للاستخدام بطرائق كيميائية، وكذلك تحويل بعض المنتجات النفطية إلى مواد بلاستيكية. والمواد الخام المعدنية يستخلص منها الفلزات التي تستخدم في العديد من الصناعات الدقيقة، وفي صناعة السيارات والطائرات. والأدوية المختلفة تستخلص من مصادر طبيعية ثم تفصل وتركب في مختبرات كيميائية. ويتم في هذه المختبرات تعديل مواصفات هذه الأدوية لتتوافق مع المواصفات الصيدلانية، وتلبي متطلبات الطب الحديث.

وقد تم بناء محتوى كتاب الطالب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب مشوق يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبني والموجَّه والمفتوح. فقبل البدء في دراسة محتوى كل فصل من فصول الكتاب، يقوم الطالب بالاطلاع على الفكرة العامة للفصل التي تقدم صورة شاملة عن محتواه. ثم يقوم بتنفيذ أحد أشكال الاستقصاء المبني تحت عنوان التجربة الاستهلالية التي تساعد أيضًا على تكوين النظرة الشاملة عن محتوى الفصل. وتتيح التجربة الاستهلالية في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء الموجه من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمن النشاطات التمهيدية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي سيتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية الأخرى التي يمكن تنفيذها من خلال دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو حل المشكلات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الكيمياء في نهاية كل فصل، الذي يتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته ، بما يُعزز أيضاً مبدأ رؤية **2030** " نتعلم لنعمل " .

وعندما تبدأ دراسة المحتوى تجد في كل قسم ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرة رئيسة خاصة بكل قسم ترتبط مع الفكرة العامة للفصل. وستجد أدوات أخرى تساعدك على فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظللة باللون الأصفر، وتجد أيضًا أمثلة محلولة يليها مسائل تدريبية تعمِّق معرفتك وخبراتك في فهم محتوى الفصل. وتضمّن كل قسم مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية بدرجة عالية الوضوح تعزز فهمك للمحتوى. وتجد أيضًا مجموعة من الشروح والتفسيرات في هوامش الكتاب، ومنها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية **2030** وأهدافها الاستراتيجية، منها ما يتعلق بالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، أو إرشادات للتعامل مع المطوية التي تعدها في بداية كل فصل.

وقد وظفت أدوات التقويم الواقعي في مستويات التقويم بأنواعه الثلاثة، التمهيدي والتكويني والختامي؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل بوصفها تقويمًا تمهيديًّا لتعرّف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل، أو من خلال مناقشة الأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى تجد سؤالاً تحت عنوان «ماذا قرأت؟»، وتجد تقويمًا خاصًّا بكل قسم من أقسام الفصل يتضمن أفكار المحتوى، وأسئلة تعزز فهمك لما تعلمت وما ترغب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل تجد دليلاً لمراجعة الفصل يتضمَّن تذكيرًا بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالأفكار الرئيسة التي وردت في كل قسم. ثم تجد تقويمًا للفصل في صورة أسئلة متنوعة تهدف إلى إتقان المفاهيم، وحل المسائل، وأسئلة خاصة بالتفكير الناقد، والمراجعة العامة، والمراجعة التراكمية، ومسائل تحدٍّ، وتقويمًا إضافيًّا يتضمن تقويم مهارات الكتابة في الكيمياء، وأسئلة خاصة بالمستندات تتعلق بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية. وفي نهاية كل فصل تجد اختبارًا مقننًا يهدف إلى تقويم فهمك للموضوعات التي قمت بتعلمها سابقًا.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

فهرس أقسام الكتاب

القسم الأول: ..... من ص 7 إلى ص 245

القسم الثاني: ..... من ص 247 إلى ص 411

القسم الثالث: ..... من ص 413 إلى ص 581

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الأول

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 9

الفصل 1

الحسابات الكيميائية 12

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية 14

1-2 صيغ الأملاح المائية 24

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية 28

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية 33

1-5 المادة المحددة للتفاعل 39

1-6 نسبة المردود المئوية 46

الكيمياء والصحة: محاربة السلالات المقاومة 51

الفصل 2

الإلكترونات في الذرات 68

2-1 الضوء وطاقة الكم 70

2-2 نظرية الكم والذرة 80

2-3 التوزيع الإلكتروني 90

الكيمياء والصحة: ملاقط الليزر 97

الفصل 3

الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر 106

3-1 تطور الجدول الدوري الحديث 108

3-2 تصنيف العناصر 116

3-3 تدرج خواص العناصر 121

الكيمياء والصحة: العناصر في جسم الإنسان 129

الفصل 4

المركبات الأيونية والفلزات 140

4-1 تكون الأيون 142

4-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية 146

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها 154

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات 161

الكيمياء من واقع الحياة: الموضة القاتلة 164

الفصل 5

الروابط التساهمية 174

5-1 الرابطة التساهمية 176

5-2 تسمية الجزيئات 184

5-3 التراكيب الجزيئية 189

5-4 أشكال الجزيئات 198

5-5 الكهروسالبية والقطبية 202

كيف تعمل الأشياء؟ الأقدام اللاصقة 208

الملاحق

دليل العناصر الكيميائية 218

المصطلحات 238

الجدول الدوري للعناصر 244

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتاب ليس كتابًا أدبيًّا أو رواية خيالية، بل يصف ظواهر ونظريات وقوانين وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة والتجربة الاستهلالية ؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصل فكرة عامة تقدم صورة شاملة عنه. ولكل قسم من أقسام الفصل الفكرة الرئيسة تدعم فكرته العامة.

الفصل 1
الحسابات الكيميائية
Stoichiometry

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

2-1 سبع الأملاح الثنائية
الفكرة الرئيسة الأملاح المائية هي مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

3-1 المقصود بالحسابات الكيميائية
الفكرة الرئيسة تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المواد الناتجة.

4-1 حسابات المعادلات الكيميائية
الفكرة الرئيسة تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة للتفاعل.

5-1 المادة المحددة للتفاعل
الفكرة الرئيسة يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

6-1 نسبة المردود المئوية
الفكرة الرئيسة نسبةُ المردود المئوية قياسٌ لفاعلية التفاعل الكيميائي.

حقائق كيميائية
- تصنع النباتات غذاءها من خلال البناء الضوئي.
- يحدث البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء في خلايا النبات.
- التفاعل الكيميائي الذي يوضح عملية البناء الضوئي: $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
- يُنتج فدان من الذرة في يوم صيفي من الأكسجين (الناتج عن البناء الضوئي) ما يكفي حاجة 130 شخصًا للتنفس. الفدان = $4200 m^2$.

12

يبدأ كل فصل بتجربة استهلالية تقدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة الاستهلالية، لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي ؟

تُستهلك المواد المتفاعلة خلال التفاعل الكيميائي، وتنتج مواد جديدة. وغالبًا ما يصاحب التفاعل أدلة تشير إلى حدوثه.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع 5 mL من محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 mL، باستخدام مخبار مدرج سعته (10 mL).
3. أضف باستخدام المخبار المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5mL من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني $NaHSO_3$ الذي 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 الهيدروجيني عندما يختفي لون محلول برمنجنات البوتاسيوم، ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. حدد الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
2. وضح لماذا تُعد إضافة محلول $NaHSO_3$ ببطء مع التحريك أسلوبًا تجريبيًّا 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؛ لتساعدك على تلخيص خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية.

خطوة 1 اثنِ الورقة طوليًّا من النصف.

خطوة 2 اثنِ الورقة من النصف، ثم اثنها من النصف مرة أخرى.

خطوة 3 افتح الورقة لتعود إلى الوضع الذي كنت بعد الخطوة الأولى، ثم اقطع الجزء الأمامي من أماكن التي حتى تحصل على أربع قطع.

خطوة 4 سمِّ القطع بأسماء خطوات الحسابات الكيميائية.

استخدم هذه المطوية في القسم 5-1، وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط مثالًا على كل منها.

13

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفّح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمِّق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

1–1

الأهداف
- تفسر المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.
- تحدد الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

مراجعة المفردات
النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.

المفردات الجديدة
التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
Empirical and Molecular Formulas

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

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؟

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في الشكل 1–1، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلاً عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة. فالتحاليل الوزنية والحجمية إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وأحجام السوائل.

التركيب النسبي المئوي من البيانات العملية فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100 g من مركب يحتوي على 55 g من عنصر X و 45 g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في 100.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

الشكل 1–1 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى. ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

مثال 1–1

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط. لهذا افترض أن لديك مولاً واحدًا من CO_2. احسب الكتلة المولية للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات: الصيغة = CO_2

المطلوب: نسبة C = ؟ ، نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.
$$1\,\text{mol C} \times \frac{12.01\,\text{g C}}{1\,\text{mol C}} = 12.01\,\text{g C}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.
$$2\,\text{mol O} \times \frac{16.00\,\text{g O}}{1\,\text{mol O}} = 32.00\,\text{g O}$$

اجمع كتل العناصر في المركب.
$$= 12.61\,\text{g} + 32.00\,\text{g} = 44.01\,\text{g/mol}\ CO_2$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب = 12.01 g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol واحسب نسبة الكربون.
$$C\% = \frac{12.01\,\text{g}}{44.1\,\text{g}} \times 100\% = 27.29\%$$

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = 32.00 g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol واحسب نسبة الأكسجين.
$$O\% = \frac{32.00\,\text{g}}{44.1\,\text{g}} \times 100\% = 72.71\%$$

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة. ولو أخذنا بعين الاعتبار حدوث خطأ في تدوير المنازل فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100% كما هو مطلوب.

مسائل تدريبية

1. ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك H_3PO_4؟
2. أي المركبين الآتيين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4؟
3. يستعمل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في $CaCl_2$.
4. تحفيز تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المظلات.
   a. حدد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.
   b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًا إلى حل مسائل في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- اربط المعلومات التي درستها في هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع أحداثًا ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يختتم كل قسم بتقويم يحتوي على خلاصة وأسئلة. الخلاصة تراجع المفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درسته.

3 تقويم الإجابة

كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا . ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساويًا لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريبًا لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

مسائل تدريبية

9. وجد أن مركبًا يحتوي على 49.98 g C و 10.47 g H. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 58.12 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟
10. سائل عديم اللون يتكون من 46.68% نيتروجين و53.32% أكسجين، وكتلته المولية 60.01 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟
11. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K، و4.00 g O، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟
12. **تحفيز** عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظهير الأفلام الفوتوجرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 110.0 g/mol، فما الصيغة الجزيئية له؟

13. **تحفيز** عند تحليل مسكّن 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 1-1

الخلاصة

- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- 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.

14. الفكرة الرئيسة **قوم** إذا أخبرك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسر ذلك.
15. **احسب** نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين، 174.86 g Fe، و75.14 g O. فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟
16. **احسب** يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al، و0.485 g O. ما الصيغة الأولية للأكسيد؟
17. **وضح** كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المئوي لمركب بكتل العناصر في ذلك المركب؟
18. **وضح** كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟
19. **طبق** الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟
20. **حلل** الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟

23

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة .

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

المفردات
- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

المفاهيم الرئيسة
- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في التركيب.
- تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

2-1 سبيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسة الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات
- الملح المائي

المفاهيم الرئيسة
- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعًا بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

3-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.

المفردات
- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

المفاهيم الرئيسة
- تُفَسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات المثلة (ذرات، جزيئات، وحدات الصيغة الكيميائية).
- تطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية.
- تشتق النسب المولية من معادلات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

54

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

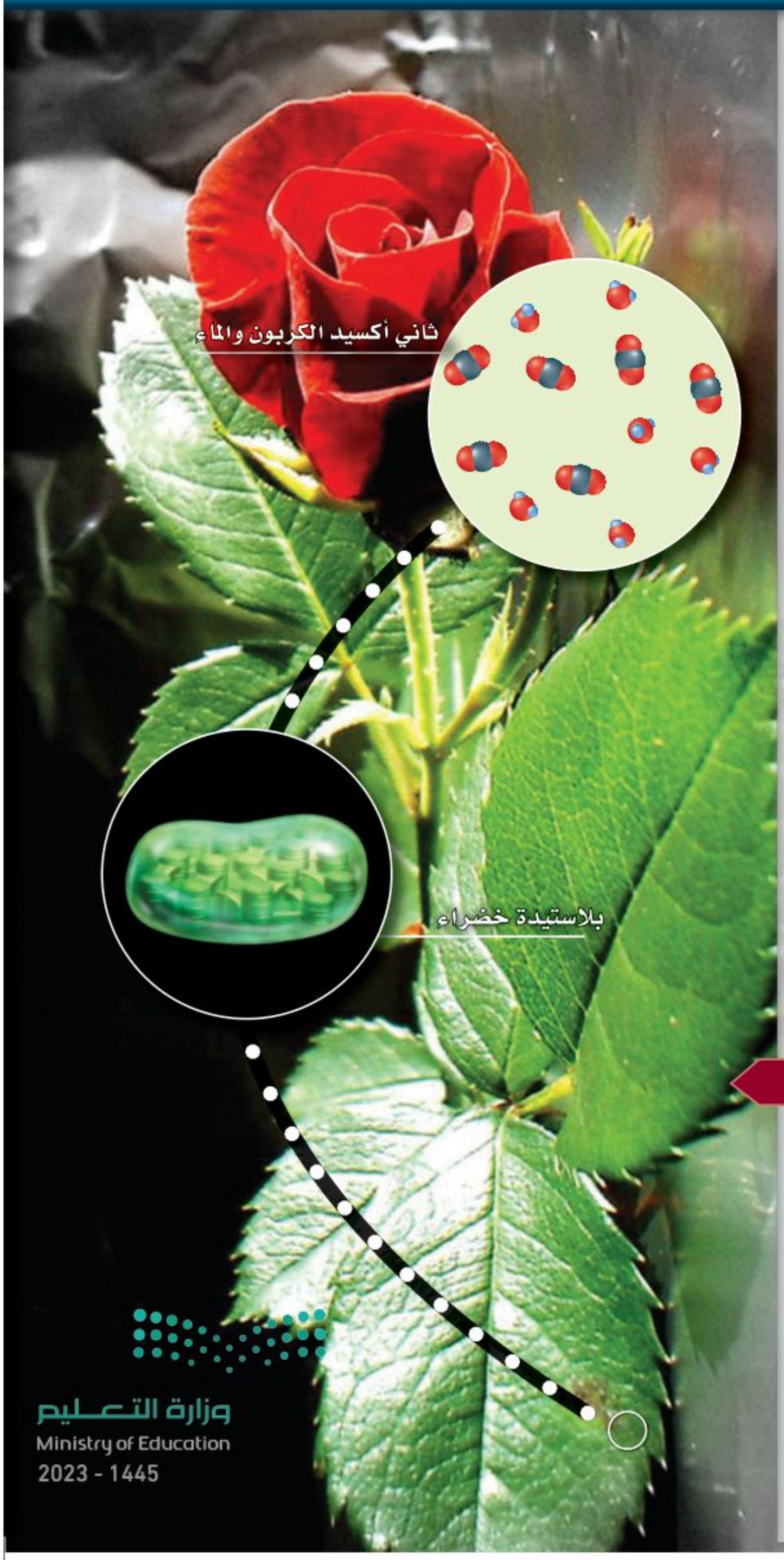
طرائق أخرى للمراجعة

- اكتب الفكرة العامة .
- اربط الفكرة الرئيسة مع الفكرة العامة
- استعمل كلماتك الخاصة لتوضح ما قرأت.
- وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

الحسابات الكيميائية
Stoichiometry



الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة.

1–1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركبٍ ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

1–2 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسة الأملاح المائية هي مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المواد الناتجة.

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابةَ معادلة موزونة للتفاعل.

1-5 المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسة يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

1-6 نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسة نسبةُ المردود المئوية قياسٌ لفاعلية التفاعل الكيميائي.

حقائق كيميائية

- تصنع النباتات غذاءها من خلال البناء الضوئي.
- يحدث البناء الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء في خلايا النبات.
- التفاعل الكيميائي الذي يوضح عملية البناء الضوئي:
$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
- يُنتج فدان من الذرة في يوم صيفي من الأكسجين (الناتج عن البناء الضوئي) مايكفي حاجة 130 شخصًا للتنفس.
الفدان = $4200m^2$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما المؤشرات التي تدل على حدوث تفاعل كيميائي ؟

تُستهلك المواد المتفاعلة خلال التفاعل الكيميائي، وتنتج مواد جديدة. وغالبًا ما يصاحب التفاعل أدلة تشير إلى حدوثه.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. ضع 5 mL من **محلول برمنجنات البوتاسيوم** $KMnO_4$ **الذي تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 mL**، باستخدام **مخبار مدرج سعته (10 mL)**.
3. أضف باستخدام المخبار المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5mL من محلول **كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني** $NaHSO_3$ **الذي 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 الهيدروجيني عندما يختفي لون محلول برمنجنات البوتاسيوم، ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

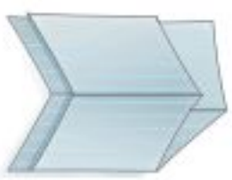
1. **حدد** الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
2. **وضح** لماذا تُعد إضافة محلول $NaHSO_3$ ببطء مع التحريك أسلوبًا تجريبيًّا أفضل من إضافته مرة واحدة؟

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؛ لتساعدك على تلخيص خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية.

خطوة 1 اثنِ الورقة طوليًّا 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 في القسم 5–1،** وعند قراءتك لهذا البند، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط مثالاً على كل منها.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–1

الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية
Empirical and Molecular Formulas

الأهداف

- **تفسر** المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.
- **تحدد** الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

مراجعة المفردات

النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.

المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة **الصيغة الجزيئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.**

الربط مع الحياة لعلك لاحظت أن بعض عبوات المشروبات أو وجبات الطعام تحدد كمية السعرات الحرارية في جزء منها (قطعة، ملعقة، ml ، g،...) فكيف يمكنك تحديد القيمة الكلية للسعرات الحرارية في العبوة أو الوجبة؟

التركيب النسبي المئوي Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في الشكل 1–1، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلاً عمليًّا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة. فالتحاليل الوزنية والحجمية إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وأحجام السوائل.

التركيب النسبي المئوي من البيانات العملية فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100 g من مركب يحتوي على 55 g من عنصر X و 45 g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في 100.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

الشكل 1–1 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

ولأن النسبة المئوية تعني الأجزاء من مئة فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب يجب أن يكون 100.

$$55\% \text{ من } x = 100 \times \frac{55\text{ g من العنصر } x}{100\text{ g من المركب}}$$

$$45\% \text{ من } y = 100 \times \frac{45\text{ g من العنصر } y}{100\text{ g من المركب}}$$

ولهذا فإن المركب يتكون من 55% من X و 45% من Y. وتُسمى النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب **التركيب النسبي المئوي** للمركب.

التركيب النسبي المئوي من خلال الصيغة الكيميائية يمكن تحديد التركيب النسبي المئوي 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

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

تجربة

تحليل العلك

هل المُحلّيات والنكهات تضاف إلى الطبقة الخارجية للعلك أم تكون مخلوطة به؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
2. أزل الغلاف عن **قطعتي علك**، ثم قس كتلة كل منهما بالميزان وسجلها.
3. أضف 150 mL من ماء **الصنبور** البارد إلى كأس سعتها 250 mL. وضع إحدى قطعتي العلك في الكأس، و**حركها بساق** تحريك مدة دقيقتين.
4. أخرج العلكة وجففها باستعمال **مناشف ورقية**، ثم قس كتلتها وسجلها.

تحذير: كن حذرًا عند استعمال المقص.

5. استعمل **مقصًّا** لتقطيع العلكة الثانية قطعًا صغيرة، وكرر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديدًا، ولا تدع القطع تتجمع معًا .
6. استعمل مصفاة لتصفية الماء من قطع العلك. وجففها بمناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

التحليل

1. **احسب** كتلة المُحلّيات والنكهات– التي ذابت في الماء– للعلكة التي لم تقطع، والتي تساوي الفرق بين كتلة العلكة قبل وبعد وضعها في الماء.
2. **احسب** كتلة المُحلّيات والنكهات المذابة للعلكة التي قطعت قطعًا صغيرة.
3. **طبّق** احسب النسبة المئوية بالكتلة للمحليات والنكهات في كل قطعة.
4. **استنتج** ماذا يمكن أن تستنتج من النسبتين المئويتين؟ هل العلك مغطّى بالسكر أم أن المُحلّيات والنكهات مخلوطة بالعلك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 1–1

حساب التركيب النسبي المئوي حدد التركيب النسبي المئوي لثاني أكسيد الكربون CO_2.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط. لهذا افترض أن لديك مولاً واحدًا من CO_2. احسب الكتلة المولية للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات

الصيغة $= CO_2$

المطلوب

نسبة C = ؟

نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

$$1 \cancel{\text{mol C}} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \cancel{\text{mol C}}} = 12.01 \text{ g C}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$2 \cancel{\text{mol O}} \times \frac{16.00 \text{ g O}}{1 \cancel{\text{mol O}}} = 32.00 \text{ g O}$$

اجمع كتل العناصر في المركب.

$$= 12.61 \text{ g} + 32.00 \text{ g} = 44.01 \text{ g/mol } CO_2$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب = 12.01g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol، واحسب نسبة الكربون.

$$C\% = \frac{12.01 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 27.29\%$$

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = 32.00 g/mol والكتلة المولية لـ CO_2 = 44.01 g/mol، واحسب نسبة الأكسجين.

$$O\% = \frac{32.00 \text{ g}}{44.1 \text{ g}} \times 100\% = 72.71\%$$

يتكون CO_2 من 27.29% C و 72.71% O.

3 تقويم الإجابة

لأن جميع الكتل والكتل المولية فيها أربعة أرقام معنوية، لذا فإن النسب المئوية معطاة بصورة صحيحة . ولو أخذنا بعين الاعتبار حدوث خطأ في تدوير المنازل فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100% كما هو مطلوب.

مسائل تدريبية

1. ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك H_3PO_4؟
2. أي المركبين الآتيين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4؟
3. يستعمل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في $CaCl_2$.
4. **تحفيز** 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الصيغة الأولية Empirical Formula

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر 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 ستكون دائمًا مضاعفًا بسيطًا للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H_2O_2. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت التركيب النسبي المئوي للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرامات،كما في الشكل 2–1، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و 59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

$$40.05 \cancel{g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32.07 \cancel{g S}} = 1.249 \text{ mol S}$$

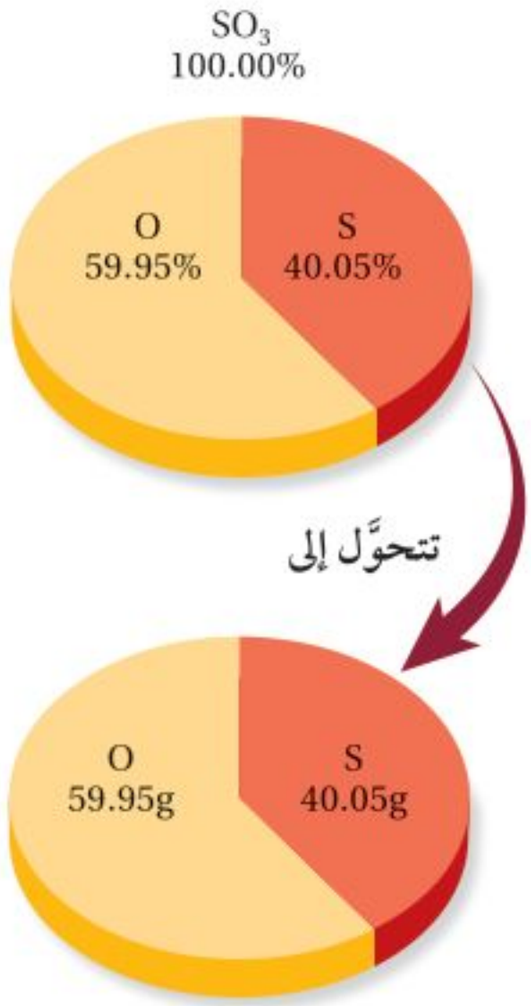
$$59.95 \cancel{g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \cancel{g O}} = 3.747 \text{ mol O}$$

لذا فإن نسبة ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 3.747 :1.249. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعدادًا صحيحة فلا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، لذا 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 3:1. ولذا 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 رقم يجعلها عددًا صحيحًا، كما في المثال 2–1.

ماذا قرأت؟ عدّد الخطوات المطلوبة لحساب الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي.



الشكل 2–1 تذكّر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالتركيب النسبي المئوي. يمكنك الافتراض دائمًا أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

مثال 2–1

الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من 48.64 % كربون، و8.16 % هيدروجين، و43.20 % أكسجين.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لمركب، والمطلوب تحديد صيغته الأولية، ولأنه يمكن افتراض أن النسب المئوية تمثل كتل العناصر في عينة مقدارها 100 g، لذا يمكن أن تحل الوحدة (g) محل رمز النسبة، ثم حوّل الجرامات إلى مولات، وأوجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ $C = 48.64\%$

النسبة المئوية بالكتلة لـ $H = 8.16\%$

النسبة المئوية بالكتلة لـ $O = 43.20\%$

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

حوّل كل كتلة إلى مولات باستعمال معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات:

احسب مولات الكربون بالتعويض عن قيمة كتلة الكربون مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$48.64\ \cancel{g\,C} \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\ \cancel{g\,C}} = 4.050\ mol\ C$$

احسب مولات الهيدروجين بالتعويض عن قيمة كتلة الهيدروجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$8.16\ \cancel{g\,H} \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\ \cancel{g\,H}} = 8.10\ mol\ H$$

احسب مولات الأكسجين بالتعويض عن قيمة كتلة الأكسجين مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

$$43.20\ \cancel{g\,O} \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\ \cancel{g\,O}} = 2.70\ mol\ O$$

إذن، فالنسب المولية للمركب هي: (4.05 mol C): (8.10 mol H) : (2.700 mol O)، ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.700).

اقسم مولات C على 2.700

$$\frac{4.050\ mol\ C}{2.700} = 1.5\ mol\ C$$

اقسم مولات H على 2.700

$$\frac{8.10\ mol\ H}{2.700} = 3\ mol\ H$$

اقسم مولات O على 2.700

$$\frac{2.700\ mol\ O}{2.700} = 1 mol\ O$$

أبسط نسبة مولات هي (1.5 mol C): (3 mol H): (1 mol O). وأخيرًا اضرب كل عدد تشتمل عليه النسبة في أصغر رقم– وهو في هذه الحالة الرقم 2– يؤدي إلى نسبة عددية صحيحة.

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 1.5\ mol\ C = 3\ mol\ C$$

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 3\ mol\ H = 6\ mol\ H$$

اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 1\ mol\ O = 2\ mol\ O$$

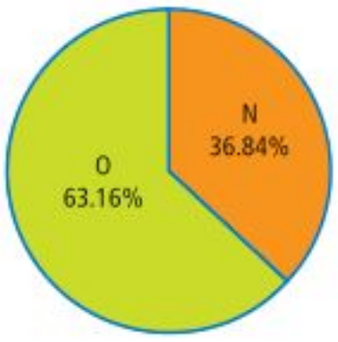
أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 C) : (6 H) : (2 O). وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي $C_3H_6O_2$.

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الإجابة احسب التركيب النسبي المئوي الممثل بالصيغة، للوقوف على مدى اتفاقه مع معطيات المثال.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية



5. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟
6. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.
7. 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؟
8. **تحفيز** الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و4.44% هيدروجين، و35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تندهش إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تمامًا قد يكون لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية نفسها! كيف يكون ذلك؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائمًا العدد الفعلي لذراته. ويلجأ العلماء إلى ما يعرف **بالصيغة الجزيئية** لتحديد أي مركب، وهذه الصيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة، ويبين الشكل 3–1 أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين وسائل البنزين مثلاً لهما التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية (CH) نفسها، ولكنهما يختلفان تمامًا في الخواص.

ولتحديد الصيغة الجزيئية لمركب يجب تحديد الكتلة المولية لهذا المركب من خلال التجارب العملية، ومقارنتها بالكتلة الممثلة بالصيغة الأولية. فالكتلة المولية للأستيلين مثلاً هي 26.04 g / 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.

$$2.00 = \frac{26.04\ \text{g/mol}}{13.02\ \text{g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية للأستيلين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}}$$

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 تجريبيًّا للبنزين (78.12 g /mol) بكتلة الصيغة الأولية ستجد أن الكتلة المولية تساوي ستة أضعاف كتلة الصيغة الأولية.

$$6.00 = \frac{78.12\ \text{g/mol}}{13.02\ \text{g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية للبنزين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية (CH)}}$$

لذا فإن الصيغة الجزيئية للبنزين يجب أن تمثل ستة أمثال عدد ذرات الكربون والهيدروجين في الصيغة الأولية. ويمكنك أن تستنتج أن الصيغة الجزيئية للأستيلين

الشكل 3–1 يستخدم غاز الأستيلين في لحام المعادن بسبب درجة الحرارة العالية التي تصاحب احتراقه في وجود الأكسجين.

هي C_2H_2 وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي C_6H_6.

ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها صيغة أولية مضروبة في عدد صحيح (ن).

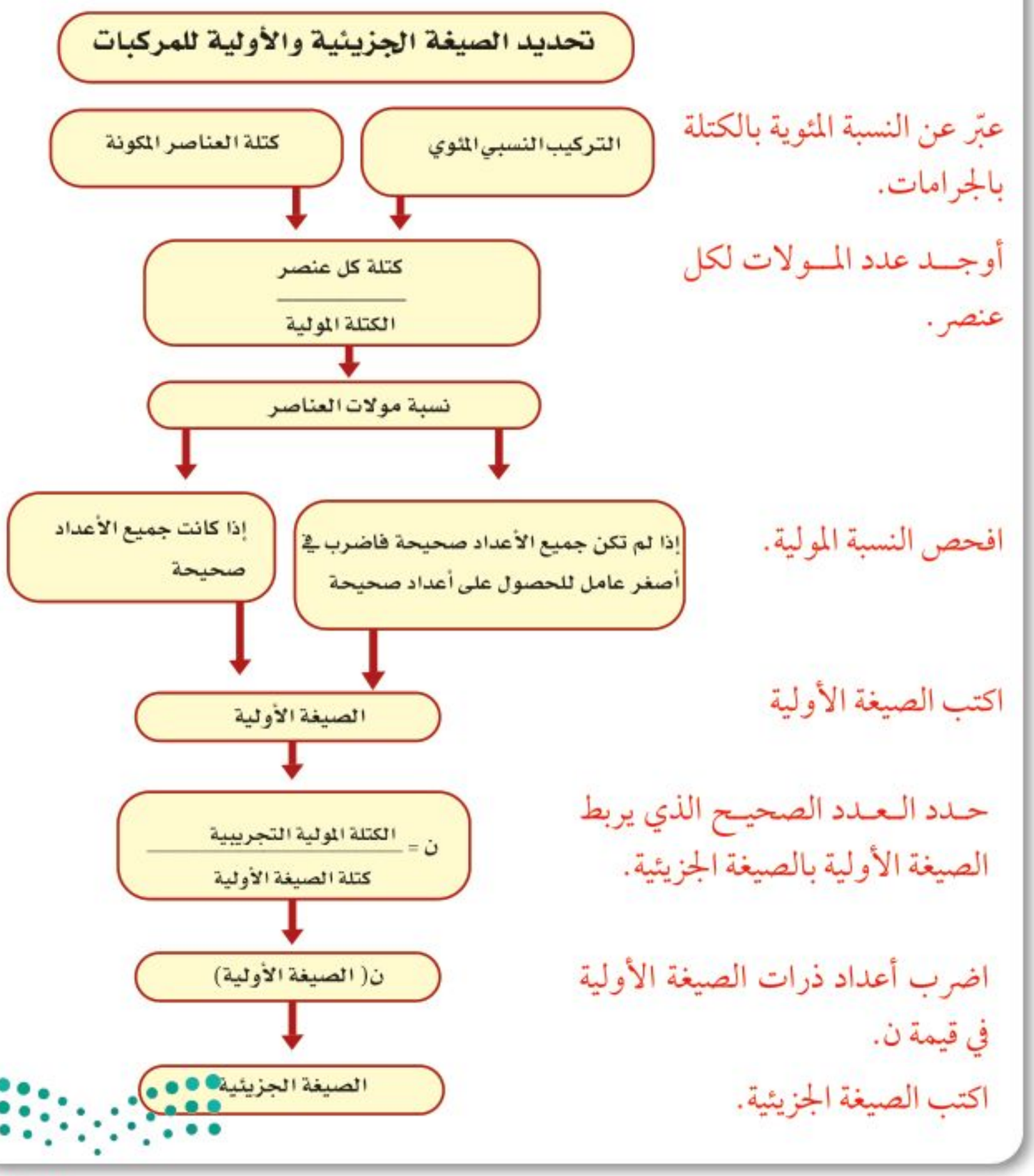
الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)

حيــث (ن) تمثل العامل (6 في مثال البنزين) الذي تضرب فيــه الأرقام في الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية.

يبين **الشــكل 4-1** خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءًا بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 4–1 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.

صف كيف يرتبط العدد الصحيح (ن) بالصيغ الأولية والجزيئية.



مثال 3–1

تحديد الصيغة الجزيئية يشـير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسنيك (بيوتان دايويك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و5.08% هيدروجين، و54.24% أكسـجين، وله كتلة مولية 118.1g /mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المئوي لحمض السكسنيك. افترض أن كل نسبة مئوية كتلية تمثل كتلة العنصر بـ 100 g من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة (118.1g /mol) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح ن.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلية المولية = 118.1g /mol حمض السكسنيك

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

الصيغة الجزيئية= ؟

2 حساب المطلوب

عوض كتلة C، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$40.68\ \cancel{g\,C} \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\ \cancel{g\,C}} = 3.3870\ mol\ C$$

عوض كتلة H، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$5.08\ \cancel{g\,H} \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\ \cancel{g\,H}} = 5.04\ mol\ H$$

عوض كتلة O، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$54.24\ \cancel{g\,O} \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\ \cancel{g\,O}} = 3.39\ mol\ O$$

نسـبة المولات في حمض السكسـنيك هي (3.387 mol C): (5.04 mol H) : (3.39 mol O). احسب أبسط نسبة لمولات العناصر بقسمة 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

$$\frac{5.04\ mol\ H}{3.387} = 1.5\ mol\ H$$

اقسم مولات O على 3.387

$$\frac{3.39\ mol\ O}{3.387} = 1 mol\ O$$

أبسط نسبة مولية هي 1 : 1.5 : 1 اضرب 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 $C_2H_3O_2$.

احسب كتلة الصيغة الأولية باستعمال الكتلة المولية لكل عنصر.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته.

$$2\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 24.02\ g\ C$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

$$3\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 3.024\ \text{g H}$$ اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته.

$$2\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 32.00\ \text{g O}$$ اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

الكتلة المولية لـ $C_2H_3O_2$ $= 32.0\ \text{g} + 3.024\ \text{g} + 24.02\ \text{g} = 59.04\ \text{g/mol}$ اجمع كتل العناصر.

لتحديد قيمة ن اقسم الكتلة المولية لحمض السكسنيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$\text{ن} = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسنيك}}{\text{الكتلة المولية } C_2H_3O_2} = \frac{118.1\ \text{g/mol}}{59.04\ \text{g/mol}} = 2.000$$

اضرب الأرقام في الصيغة الأولية في 2 لتحصل على الصيغة الجزيئية.

الصيغة الجزيئية $= (C_2H_3O_2) \times 2 = C_4H_6O_4$

3 تقويم الإجابة

الكتلة المولية للصيغة الجزيئية التي تم التوصل إليها هي الكتلة المولية نفسها المحددة تجريبيًّا للمركب.

مثال 4–1

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يُعدّ معدن الإلمنيت أحد الخامات الرئيسة لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحوي 5.41 g من الحديد، و4.64 g من التيتانيوم، و4.65 g 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 أوجد أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

المعطيات

كتلة الحديد $\text{Fe} = 5.41\ \text{g}$

كتلة التيتانيوم $\text{Ti} = 4.64\ \text{g}$

كتلة الأكسجين $\text{O} = 4.65\ \text{g}$

المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

2 حساب المطلوب

حول الكتل المعروفة إلى مولات بالضرب في معامل التحويل الذي يربط المولات بالجرامات– مقلوب الكتلة المولية.

$$5.41\ \text{g Fe} \times \frac{1\ \text{mol Fe}}{55.85\ \text{g Fe}} = 0.0969\ \text{mol Fe}$$ عوض كتلة الحديد، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.64\ \text{g Ti} \times \frac{1\ \text{mol Ti}}{47.88\ \text{g Ti}} = 0.0969\ \text{mol Ti}$$ عوض كتلة التيتانيوم، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

$$4.65\ \text{g O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \text{g O}} = 0.291\ \text{mol O}$$ عوض كتلة الأكسجين، ومقلوب الكتلة المولية، وأوجد عدد المولات.

إذا كانت النسبة المولية لمعدن الإلمنيت هي: (0.0969 mol Fe): (0.0969 mol Ti): (0.291 mol O) فاقسم كل قيمة مولية على أصغر قيمة في النسبة (0.0969) لتحصل على أبسط نسبة مولية.

أبسط نسبة مولية هي (1mol Fe): (1mol Ti): (3 mol O) . ولأن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن الصيغة الأولية للإلمنيت هي $FeTiO_3$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الإجابة

كتلــة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديــد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا . ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساويًا لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريبًا لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا فإن النسبة 3 إلى 1 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

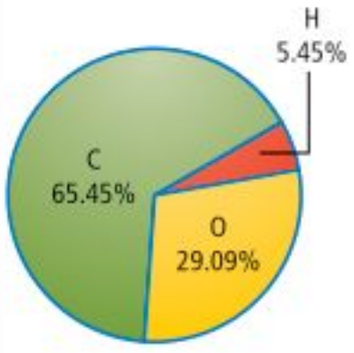
مسائل تدريبية

9. وجــد أن مركبًا يحتوي على 49.98 g C و10.47 g H. فإذا كانت الكتلــة المولية للمركب 58.12 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

10. ســائل عديم اللون يتكون من 46.68% نيتروجين و53.32% أكســجين، وكتلته الموليــة 60.01 g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

11. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K، و4.00 g O، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟

12. **تحفيز** عند تحليل مادة كيميائية تســتعمل في سائل تظهير الأفلام الفوتوجرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 110.0 g/mol، فما الصيغة الجزيئية له؟



13. **تحفيــز** عند تحليل مســكّن 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 1-1

الخلاصة

- النســبة المئويــة بالكتلة للعنصر تســاوي نســبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- تمثل الأرقــام في الصيغة الأولية أصــغر نسبــة عــددية صــحيحة لمولات العناصر في المركب.
- تمثــل الصيغــة الجزيئيــة العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغــة الجزيئية هــي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

14. الفكرة الرئيسة **قــوّم** إذا أخبــرك أحد زملائك أن النتائــج التجريبية تبين أن الصيغــة الجزيئية لمركب تســاوي صيغته الأولية 2.5 مــرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسر ذلك.

15. **احسب** نتــج عــن تحليــل مركــب يتكــون مــن الحديــد والأكســجين، 174.86 g Fe، و75.14 g O. فمــا الصيغــة الأولية لهذا المركب؟

16. **احسب** يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al، و0.485 g O. ما الصيغة الأولية للأكسيد؟

17. **وضّح** كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المئوي لمركب بكتل العناصر في ذلك المركب؟

18. **وضّح** كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟

19. **طبّق** الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟

20. **حلّل** الهيماتيت (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_4) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–2

الأهداف

- **توضح** المقصود بالملح المائي وتربط اسمه بتركيبه.
- **تحدد** صيغة ملح مائي من البيانات المختبرية.

مراجعة المفردات

الشبكة البلورية: الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

المفردات الجديدة

الملح المائي

صيغ الأملاح المائية
Formulas of Hydrates

الفكرة الرئيسة **الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.**

الربط مع الحياة تُعبأ بعض المنتجات –ومنها المعدات الإلكترونية– في صناديق مع أكياس صغيرة مكتوب عليها "مجفف". وتضبط هذه الأكياس الرطوبة بامتصاص الماء. ويحتوي بعضها على مركبات أيونية تسمى الأملاح المائية.

تسمية الأملاح المائية Naming Hydrates

هل راقبت يومًا بلورات تتكون ببطء من محلول مائي؟ تلتصق جزيئات الماء أحيانًا بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءًا من البلورة ماء التبلور. وتُسمى المواد الأيونية الصلبة التي تُحتجز فيها جزيئات ماء أملاحًا مائية. **فالملح المائي** مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبين الشكل 5–1 الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوبال، وهو ثاني أكسيد السليكون المائي (SiO_2) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تاليًا لنقطة، مثل $CoCl_2 . 6H_2O$. ويُسمى هذا المركب كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء (أيْ يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملحٍ إلى آخر، ويبين الجدول **1–1** بعض الأملاح المائية الشائعة.

الجدول 1–1 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	إكسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$CaCl_2 . 2H_2O$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$NaC_2H_3O_2. 3H_2O$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء
رباعي	4	$FePO_4. 4H_2O$	فوسفات الحديد (III) رباعية الماء.
خماسي	5	$CuSO_4. 5H_2O$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء
سداسي	6	$CoCl_2.6H_2O$	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء.
سباعي	7	$MgSO_4 . 7H_2O$	كبريتات المغنسيوم سباعية الماء.
ثماني	8	$Ba(OH)_2. 8H_2O$	هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.
عشاري	10	$Na_2CO_3.10H_2O$	كربونات الصوديوم عشارية الماء

الشكل 5–1 إن وجود الماء وشوائب المعادن المختلفة يفسران التنوع الكبير لأحجار الأوبال الكريمة. وتحدث تغيرات أخرى في اللون عندما يجف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء الزهري — يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور — كلوريد الكوبلت (II) اللامائي أزرق

الشكل 6–1 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفًا جدًّا عن الملح المائي.

تحليل الأملاح المائية Analyzing a Hydrates

عند تسخين ملح مائي، تُطرد جزيئات الماء تاركة وراءها الملح اللامائي. انظر الشكل 6–1؛ حيث توضح سلسلة الصور أنه عند تسخين كلوريد الكوبلت (II) السداسي الماء الزهري اللون، ينتج كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق اللون.

كيف يمكنك تحديد صيغة ملح مائي؟ يجب أن تحسب عدد مولات الماء المرتبطة بمول واحد من الملح المائي. افترض أن لديك عينة مكونة من 5.00 g من كلوريد الباريوم المائي. ولأنك تعرف أن صيغة الملح هي $BaCl_2 \cdot xH_2O$، فإنه يجب أن تحدد قيمة x، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من $BaCl_2$. وحتى تجد قيمة x، يجب أن تسخن العينة للتخلص من ماء التبلور. وافترض أنك بعد تسخينها وجدت أن كتلة الملح اللامائي $BaCl_2$ هي 4.26 g.

إذن كتلة ماء التبلور تساوي الفرق بين كتلة الملح المائي (5.00 g) وكتلة الملح اللامائي (4.26 g).

$$5.00\ g - 4.26\ g = 0.74\ g\ H_2O .$$

وبعد أن عرفت كتلة كل من $BaCl_2$ و H_2O في العينة، يمكنك تحويل هذه الكتل إلى مولات باستعمال الكتل المولية. الكتلة المولية لـ $BaCl_2$ هي 208.23 g/mol، وللماء 18.02 g/mol.

$$4.26\ \cancel{g\ BaCl_2} \times \frac{1\ mol\ BaCl_2}{208.23\ \cancel{g\ BaCl_2}} = 0.0205\ mol\ BaCl_2$$

$$0.74\ \cancel{g\ H_2O} \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ \cancel{g\ H_2O}} = 0.041\ mol\ H_2O$$

$$x = \frac{mol\ H_2O}{mol\ BaCl_2} = \frac{0.041\ mol\ H_2O}{0.0205\ mol\ BaCl_2} = \frac{2.0\ mol\ H_2O}{1.00\ mol\ BaCl_2} = \frac{2}{1}$$

إذن نسبة مولات H_2O إلى مولات $BaCl_2$ هي 2 إلى 1، لذا فإن 2 mol H_2O ترتبط بـ 1 mol $BaCl_2$.

أيْ أنّ قيمة المعامل x هي 2، وصيغة الملح المائي هي $BaCl_2 \cdot 2H_2O$. ما اسم هذا الملح؟

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا تستعمل النقطة في صيغة الملح المائي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 5–1

تحديد صيغة الملح المائي وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء $CuSO_4.xH_2O$ كتلتها 2.50 g في جَفنة وسُخّنت. وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء $CuSO_4$. ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

1 تحليل المسألة

لقــد أعطيت كتلة كبريتات النحاس المائية، وكبريتات النحاس اللامائية. كما أنك تعرف صيغة المركب ما عدا قيمة x، وهي معامل H_2O في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات ماء التبلور.

المعطيات

كتلة الملح المائي $2.50\ g = CuSO_4.xH_2O$

كتلة الملح اللامائي $1.59\ g = CuSO_4$

الكتلة المولية لـ $18.02\ g/mol = H_2O$

الكتلة المولية لـ $159.6\ g/mol = CuSO_4$

المطلوب

صيغة الملح المائي = ؟

اسم الملح المائي = ؟

2 حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود

كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي – كتلة الملح اللامائي

اطرح كتلة الملح اللامائي $CuSO_4$ من كتلة الملح المائي $CuSO_4.XH_2O$

$$2.50g - 1.59\ g = 0.91\ g$$

حــوّل الكتلة المعلومة للماء والملح المائي إلى مولات مســتعملاً معامل التحويل الــذي يربط المولات بالكتلة – مقلوب الكتلة المولية.

احسب عدد مولات $CuSO_4$ بالتعويض بقيمة كتلة $CuSO_4$ مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$1.59\ \cancel{g\ CuSO_4} \times \frac{1\ mol\ CuSO_4}{159.6\ \cancel{g\ CuSO_4}} = 0.00996\ mol\ CuSO_4$$

احسب عدد مولات H_2O، بالتعويض بقيمة كتلة H_2O مضروبًا في مقلوب الكتلة المولية.

$$0.91\ \cancel{g\ H_2O} \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ \cancel{g\ H_2O}} = 0.05\ mol\ H_2O$$

$$x = \frac{mol\ H_2O}{mol\ CuSO_4}$$

احسب أبسط نسبة عددية بالتعويض بعدد مولات H_2O، وعدد مولات $CuSO_4$.

$$x = \frac{0.050\ mol\ H_2O}{0.00996\ mol\ CuSO_4} \approx \frac{5\ mol\ H_2O}{1\ mol\ CuSO_4} = 5$$

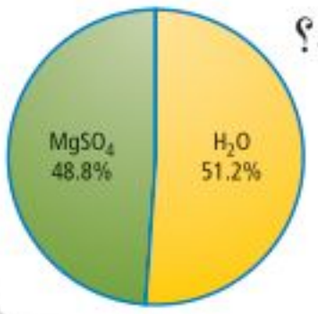
إذن، فصيغة الملح المائي هي $CuSO_4.5H_2O$، واسمه كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء.

3 تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول 1– 1.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

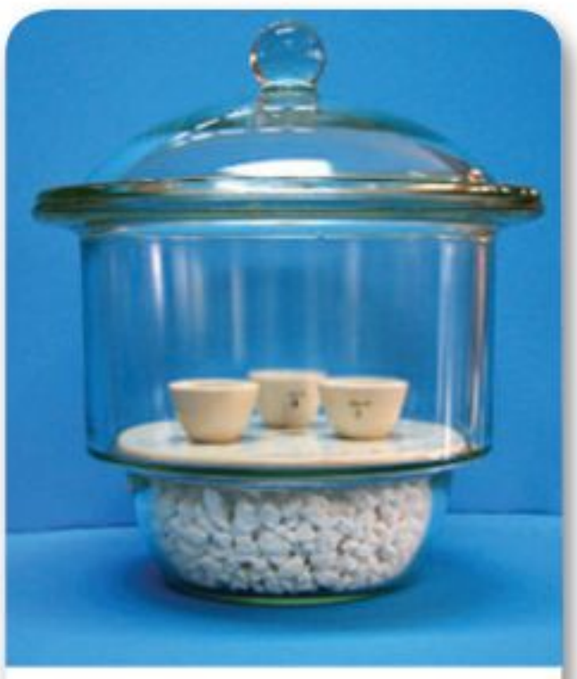


21. يظهر في الشكل المجاور تركيب أحد الأملاح المائية. فما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

22. **تحفيز** سخنت عينة كتلتها 11.75 g من ملح مائي شائع لكلوريد الكوبلت II. وبقي بعد التسخين 0.0712 mol من كلوريد الكوبلت اللامائي. ما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

استعمالات الأملاح المائية Uses of Hydrates

للأملاح المائية استعمالات مهمة في مختبر الكيمياء. فكلوريد الكالسيوم يكوّن ثلاثة أملاح مائية: أحادي الماء، وثنائي الماء، وسداسي الماء. ويوضع كلوريد الكالسيوم اللامائي في قعر أوعية محكمة الإغلاق تُسمى المجفِّفات،كما في الشكل 7–1؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المجفِّف، ويصنع جوًّا جافًّا مناسبًا لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحيانًا إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إيثر للحفاظ عليها خالية من الماء.



الشكل 7–1 يجفف كلوريد الكالسيوم الهواء من جزيئات الماء. كما يستعمل في المختبر في حفظ المواد الكيميائية من رطوبة الجو.

إن قدرة الملح اللامائي على امتصاص الماء له أيضًا بعض التطبيقات التجارية. فالمعدات الإلكترونية والبصرية، وبخاصة تلك التي تُشحن عبر البحار، غالبًا ما تُعبأ مع أكياس من المُجفّفات التي تمنع تأثير الرطوبة في الدوائر الإلكترونية الدقيقة. وتستعمل بعض الأملاح المائية مثل كبريتات الصوديوم المائية ($Na_2SO_4.10H_2O$) لخزن الطاقة الشمسية. فعندما تُسخّن الشمس الملح المائي إلى أكثر من $32^\circ C$ تذوب Na_2SO_4 في مولات ماء التبلور العشرة، وخلال ذلك يمتص الملح المائي الطاقة، وهذه الطاقة تنطلق عندما تنخفض درجة الحرارة ويتبلور الملح المائي ثانية.

التقويم 1-2

الخلاصة

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعًا بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

23. الفكرة الرئيسة **وضح** تركيب الملح المائي.

24. **سمّ** المركّب الذي صيغته $SrCl_2.6H_2O$.

25. **صف** الخطوات العملية لتحديد صيغة الملح المائي معلّلاً كل خطوة.

26. **طبّق** يحتوي ملح مائي على 0.050 mol من الماء لكل 0.00998 mol من المركب الأيوني. اكتب صيغة عامة للملح المائي.

27. **احسب** كتلة ماء التبلور إذا فقد ملح مائي 0.025 mol من الماء عند تسخينه.

28. **رتّب** الأملاح المائية الآتية تصاعديًّا بحسب تزايد النسبة المئوية للماء فيها: $CoCl_2.6H_2O$، $Ba(OH)_2.8H_2O$، $MgSO_4.7H_2O$

29. **طبّق** فسّر كيف يمكن استعمال الملح المائي في **الشكل 7–1** بوصفه طريقة تقريبية لتحديد احتمال سقوط المطر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–3

المقصود بالحسابات الكيميائية

Defining Stoichiometry

الأهداف

- **تصف** العلاقات من خلال معادلة كيميائية موزونة.
- **تذكر** النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة.

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية

النسبة المولية

الفكرة الرئيسة **تحدِّد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.**

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شمعة تحترق. عندما تحترق الشمعة تمامًا، أو تُطفأ بالنفخ عليها، يتوقف تفاعل الاحتراق في كلتا الحالتين.

علاقة المول بالجسيمات Particles and Mole Relationship

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 ؟". وقد تتساءل عند تحليل تفاعل البناء الضوئي "ما الكمية التي نحتاج إليها من الماء وثاني أكسيد الكربون لتكوين كتلة محددة من السكر؟". إن الحسابات الكيميائية هي 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 حفظ الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث في التفاعل الكيميائي إلا بقدرة الله تعالى. وتساوي كمية المواد الناتجة عند نهاية أي تفاعل كيميائي 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 8–1** فعلى الرغم من تكون مركب جديد هو أكسيد الحديد III Fe_2O_3 فإن كتلة هذا المركب الجديد لا تختلف عن كتلة مادتي التفاعل.

الشكل 8-1 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في **الشكل 8-1** 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 من الحديد قد تفاعلت 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: $223.4\text{g} + 96.00\text{g} = 319.4\text{g}$

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 حفظ الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص **الجدول 2-1** العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

ماذا قرأت؟ سجّل في قائمةٍ أنواع العلاقات التي يمكن اشتقاقها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

الجدول 2-1 **العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة**

$4Fe_{(s)}$	+	$3O_{2(g)}$	→	$2Fe_2O_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد III
4 atoms Fe	+	3 molecules O_2	→	2 Formula units
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

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات الكيميائية Stoichiometry إلى الكلمة اليونانية "Stioichiometry" المكونة من كلمتين هما: (Stoikheion) وتعني العنصر، و(metron) وتعني القياس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 6-1

تفسير المعادلات الكيميائية يزودنا احتراق البروبان C_3H_8 بالطاقة اللازمة لتدفئة البيوت، وطهو الطعام، ولحام الأجسام الفلزية. فسر معادلة احتراق البروبان باستخدام عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة، ثم وضح تطبيق قانون حفظ الكتلة.

1 تحليل المسألة

تمثل معاملات المعادلة الكيميائية الموضحة أدناه كلًّا من المولات، والجسيمات الممثلة (في هذه الحالة الجزيئات). وسيتم إثبات قانون حفظ الكتلة إذا كانت كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة متساوية.

المعطيات

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

المطلوب

عدد الجزيئات = ؟

عدد المولات = ؟

كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات.

1 molecule C_3H_8 + 5 molecules O_2 → 3 molecules CO_2 + 4 molecules H_2O

وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضًا.

1 mol C_3H_8 + 5 mol O_2 → 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.

$$\text{مولات المواد الناتجة أو المتفاعلة} \times \frac{\text{الكتلة المولية للمادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}} = \text{جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.}$$

حساب كتلة C_3H_8 المتفاعلة.

$$1 \text{ mol } C_3H_8 \times \frac{44.09 \text{ g } C_3H_8}{1 \text{ mol } C_3H_8} = 44.09 \text{ g } C_3H_8$$

حساب كتلة O_2 المتفاعلة.

$$5 \text{ mol } O_2 \times \frac{32.00 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} = 160.0 \text{ g } O_2$$

حساب كتلة CO_2 الناتجة

$$3 \text{ mol } CO_2 \times \frac{44.01 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 132.0 \text{ g } CO_2$$

حساب كتلة H_2O الناتجة

$$4 \text{ mol } H_2O \times \frac{18.02 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 72.08 \text{ g } H_2O$$

اجمع كتل المواد المتفاعلة

$$44.09 \text{ g } C_3H_8 + 160.0 \text{ g } O_2 = 204.1 \text{ g}$$

اجمع كتل المواد الناتجة

$$132.0 \text{ g } CO_2 + 72.08 \text{ g } H_2O = 204.1 \text{ g}$$

تطبيق قانون حفظ الكتلة

مواد ناتجة 204.1 g = مواد متفاعلة 204.1 g

3 تقويم الإجابة

إن مجموع كتل المواد المتفاعلة تساوي مجموع كتل المواد الناتجة، كما هو متوقع من قانون حفظ الكتلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

30. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

b. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

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

31. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ 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 النسب المولية. و**النسبة المولية** نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل **الشكل 9-1** تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br_2 لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr . ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضادًّا 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 الأخريين في المعادلة. ولذلك تربط إحدى النسب المولية بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المتفاعلة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المتفاعلة مع مولات بروميد البوتاسيوم الناتجة.

$$\frac{2\ mol\ K}{2\ mol\ KBr} \text{ و } \frac{2\ mol\ K}{1\ mol\ Br_2}$$

تُظهر النسبتان الآتيتان 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؛ إذ تشكل كل مادة من المواد الثلاث في المعادلة نسبة مع المادتين الأخريين.

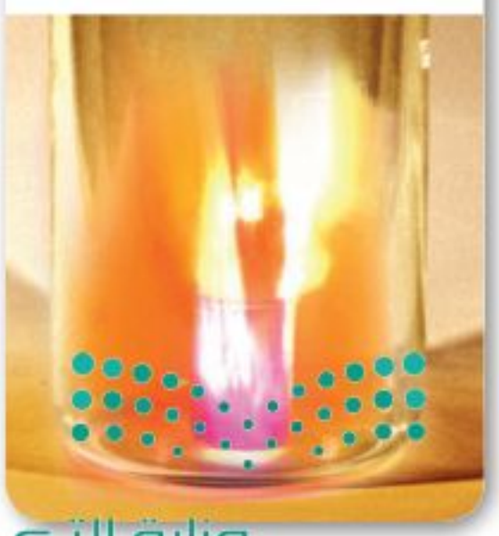
ماذا قرأت؟ **حدّد** المصدر الذي تُشتق منه النسب المولية للتفاعل الكيميائي.

تجربة عملية

تحديد نسب التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 9-1 يتفاعل فلز البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

32. 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. $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

33. **تحفيز** زن المعادلات الآتية، ثم حدد النسب المولية الممكنة:

a. $ZnO_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. $C_4H_{10(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

لاحظ أنّ عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل يحوي (n) من المواد هي $n(n-1)$. لذا، فالتفاعلات التي فيها 4، 5 مواد يمكن كتابة 12 و 20 نسبة مولية منها على التوالي.

التفاعل الذي فيه 4 مواد: $4(4-1) = 12$

التفاعل الذي فيه 5 مواد: $5(5-1) = 20$

التقويم 3-1

الخلاصة

- **تُفسِّر** المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات صيغ كيميائية).
- **يطبق** قانون حفظ 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، لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

34. الفكرة الرئيسة **قارن** بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

35. **حدّد** عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.

36. **صنّف** طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

37. **طبق** المعادلة العامة لتفاعل كيميائي:

$$xA + yB \rightarrow zAB$$

حيث يمثل A وB عنصرين، وتمثل x وy وz المعاملات . حدد النسب المولية لهذا التفاعل.

38. **طبق** يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسب المولية.

39. **نمذج** اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–4

الأهداف

- **تكتب** الخطوات المتتالية المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- **تحل** مسائل الحسابات الكيميائية.

مراجعة المفردات

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

حسابات المعادلات الكيميائية

Stoichiometric Calculations

الفكرة الرئيسة **يتطلب حل مسألة الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.**

الربط مع الحياة تتطلب عملية الخبز مقادير دقيقة. لذا من الضروري اتباع وصفة معينة عند خبز الكعك. ماذا تفعل إذا أردت صنع كمية من الكعك أكبر مما تحدده الوصفة؟

استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

ما الخطوات اللازمة لإجراء الحسابات الكيميائية؟ تبدأ الحسابات الكيميائية جميعها بمعادلة كيميائية موزونة. وكذلك نحتاج إلى النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة بالإضافة إلى عوامل تحويل الكتلة–المول.

الحسابات الكيميائية : حساب المولات يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة، كما في **الشكل 10-1**، 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 تفاعل 0.0400 mol من البوتاسيوم فقط؟ للإجابة عن هذا السؤال حدّد المادة المعطاة والمادة التي تحتاج إلى معرفتها. فمقدار المادة المعطاة هو 0.0400 mol من البوتاسيوم، والمطلوب حسابه هو عدد مولات الهيدروجين . ولأن كمية المادة المعروفة معطاة بالمول، لذا يجب تحديد المادة المطلوب حسابها بالمول أيضًا، ولذلك تتطلب هذه المسألة عامل تحويل مول – مول.

ولحل المسألة عليك معرفة العلاقة التي تربط عدد مولات الهيدروجين مع عدد 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 تختار؟

كما يظهر في الصفحة الآتية فإن النسبة المولية الصحيحة هي: 1 mol من H_2 إلى 2 mol من K، ويظهر الشكل أيضًا عدد مولات المادة المجهولة في البسط، وعدد مولات المادة المعروفة في المقام. وباستخدام هذه النسبة نُحول عدد مولات البوتاسيوم إلى عدد مولات الهيدروجين.

الشكل 10-1 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقًا كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

$$\text{عدد مولات المادة المعروفة} \times \frac{\text{عدد مولات المادة المجهولة في المعادلة}}{\text{عدد مولات المادة المعروفة في المعادلة}} = \text{عدد مولات المادة المجهولة}$$

$$0.0400 \text{ mol K} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol K}} = 0.0200 \text{ mol } H_2$$

والأمثلة الآتية توضح خطوات الحسابات الكيميائية الضرورية للتحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة، ومن كتلة إلى كتلة. كما يوضح الشكل الآتي استراتيجية حل المشكلة.

استراتيجية حل المسألة

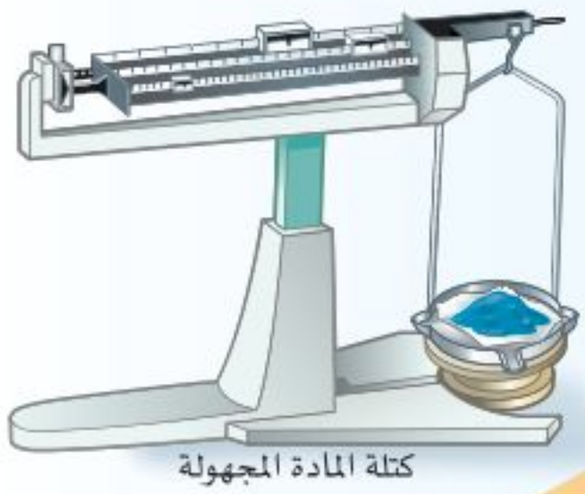
إتقان الحسابات الكيميائية

يوضح المخطط الآتي الخطوات المستخدمة لحل مسائل الحسابات الكيميائية عند التحويل 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 7-1 ، 8-1 ، 9-1.



مثال 7-1

حسابات المولات من سلبيات احتراق غاز البروبان C_3H_8 إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، مما يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي. ما عدد مولات CO_2 التي تنتج عن احتراق 10 mol من C_3H_8 في كمية وافرة من الأكسجين؟

1 تحليل المسألة

أنت تعرف عـــدد مولات المادة المتفاعلة C_3H_8، والمطلـــوب إيجاد عدد مولات المادة الناتجة مـــن CO_2. لذا اكتب معادلة التفاعل الموزونة أولاً، ثم حول مولات البروبان إلى مولات ثاني أكسيد الكربون باستعمال النسبة المولية المناسبة.

المعطيات

$$\text{mol } C_3H_8 = 10 \text{ mol}$$

المطلوب

$$\text{mol } CO_2 = ?$$

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.

$$\underset{10.0 \text{ mol}}{C_3H_{8(g)}} + 5O_{2(g)} \rightarrow \underset{? \text{ mol}}{3CO_{2(g)}} + 4H_2O_{(g)}$$

$$\text{النسبة المولية} = \frac{3 \text{ mol } CO_2}{\text{mol } C_3H_8}$$

$$10.0 \cancel{\text{ mol } C_3H_8} \times \frac{3 \text{ mol } CO_2}{\cancel{1 \text{ mol } C_3H_8}} = 30.0 \text{ mol } CO_2$$

لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30 mol من CO_2.

3 تقويم الإجابة

توضـــح المعادلة الكيميائية أن 1 mol من C_3H_8 أنتج 3 mol من CO_2، لذا 10 mol من C_3H_8 تنتج كمية أكبر من ثلاث مرات (يعني 30.0 mol) من مولات CO_2.

مسائل تدريبية

40. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يستخدم غالبًا في صناعة السلوفان.

$$___CH_{4(g)} + ___S_{8(s)} \rightarrow ___CS_{2(l)} + ___H_2S_{(g)}$$

a. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8.

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8؟

41. **تحفيز** يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol من SO_2؟

c. ما عدد مولات O_2 اللازمة لتفاعل 12.5 mol من SO_2؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الحسابات الكيميائية : تحويل المول إلى كتلة والآن، افترض أنك تعرف عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، وأنك ترغب في حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة أخرى. فيما يأتي مثال على التحويل من مول إلى كتلة.

مثال 8-1

حسابات المول - الكتلة احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl_2 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

عدد مولات الكلور = 1.25 mol

المطلوب

كتلة كلوريد الصوديوم (g) = ؟

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

$$\overset{1.25\ mol}{2Na(s)} + \overset{}{Cl_2(g)} \rightarrow \overset{?\ g}{2NaCl(s)}$$

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 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 لتحصل على عدد مولات Cl_2 المعطاة في السؤال.

مسائل تدريبية

42. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور، بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة بالمخطط على اليسار؟

43. تحفيز، 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: $TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$

a. ما كتلة غاز Cl_2 اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الحسابات الكيميائية : حساب الكتل إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد المتفاعلة التي ستستخدمها في إنتاج الكتل المطلوبة من النواتج. يوضح **المثال 9-1** كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة.

مثال 9-1

حساب الكتل عندما تتحلل نترات الأمونيوم NH_4NO_3، والتي تعد أحد أهم الأسمدة، ينتج غاز أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) والماء. حدد كتلة H_2O الناتجة عن تحلل 25.0 g من نترات الأمونيوم الصلبة NH_4NO_3.

1 تحليل المسألة

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، ثم استخدام النسب المولية لإيجاد عدد مولات المواد الناتجة. وأخيرًا استخدم الكتلة المولية لتحويل عدد مولات المواد الناتجة إلى كتلة بالجرامات.

المعطيات

كتلة نترات الأمونيوم $NH_4NO_3 = 25.0\ g$

المطلوب

كتلة الماء $H_2O = ??$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.

$$25.0\ g \qquad ?\ g$$

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

احسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

$$25.0\ \cancel{g\ NH_4NO_3} \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{80.04\ \cancel{g\ NH_4NO_3}} = 0.312\ mol\ NH_4NO_3$$

احسب عدد مولات الماء بضرب عدد مولات نترات الأمونيوم في النسبة المولية.

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ NH_4NO_3}$

$$0.312\ \cancel{mol\ NH_4NO_3} \times \frac{2\ mol\ H_2O}{1\ \cancel{mol\ NH_4NO_3}} = 0.624\ mol\ H_2O$$

احسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

$$0.624\ \cancel{mol\ H_2O} \times \frac{18.02\ g\ H_2O}{1\ \cancel{mol\ H_2O}} = 11.2\ g\ H_2O$$

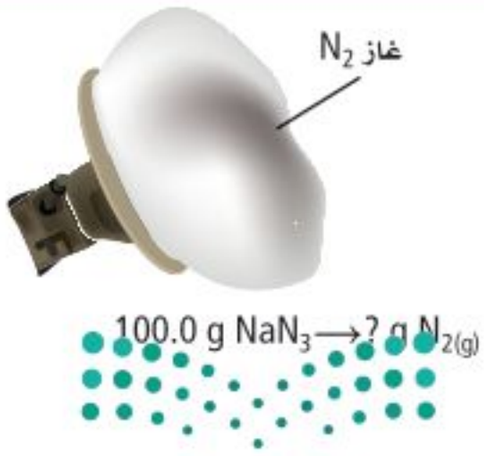
3 تقويم الإجابة

لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية

44. أحد التفاعلات المستخدمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة: $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$

احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلل NaN_3، كما يظهر في الرسم المجاور.



45. تحفيز 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 SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل صودا الخبز؟

يستخدم صودا الخبز – كربونات الصوديوم الهيدروجينية – في كثير من وصفات الخبز؛ لأنها تسبب انتفاخ العجينة، مما يجعلها خفيفة إسفنجية. وسبب حدوث 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 تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدولًا تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم ضع فيها 3 g تقريبًا من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وقس الكتلة الكلية للجفنة وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة $NaHCO_3$.
4. استخدم كتلة $NaHCO_3$ التي حسبتها والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة Na_2CO_3 التي ستنتج.
5. جهز حاملًا مع حلقة، ومثلثًا من الصلصال لتسخين الجفنة.
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنزن ببطء في البداية، ثم مدة 8 min – 7 بلهب قوي، وسجل ملاحظاتك في أثناء التسخين.
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطًا لرفع الجفنة عن اللهب.
   ***تحذير:** لا تلمس الجفنة الساخنة.*
8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3.

تحليل النتائج

1. **صف** ما لاحظته في أثناء تسخين صودا الخبز.
2. **قارن** كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.
3. **احسب** افترض أن كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة لناتج التفاعل؛ احسب الخطأ ونسبته المئوية في ضوء نتيجة التجربة.
4. **حدد** مصادر الخطأ المحتملة في خطوات العمل التي أدت إلى خطأ الحساب في السؤال رقم 3.

التقويم 4-1

الخلاصة

- **تستخدم** الحسابات الكيميائية لحساب كميات 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.

46. الفكرة الرئيسة **فسر** لماذا تستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
47. **اذكر** الخطوات الأربع المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
48. **طبّق** كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كليًّا مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.
49. **احسب** كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة: $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
50. **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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–5

الأهداف

- **تحدد** المادة المحددة للتفاعل في معادلة كيميائية.
- **تعرف** المادة الفائضة، وتحسب كمية المتبقي منها عند انتهاء التفاعل.
- **تحسب** كتلة الناتج عندما تُعطى كتلًا لأكثر من مادة متفاعلة.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من أي مادة بالجرام.

المفردات الجديدة

المادة المحددة للتفاعل

المواد الفائضة

المادة المحددة للتفاعل

Limiting Reactants

الفكرة الرئيسة **يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.**

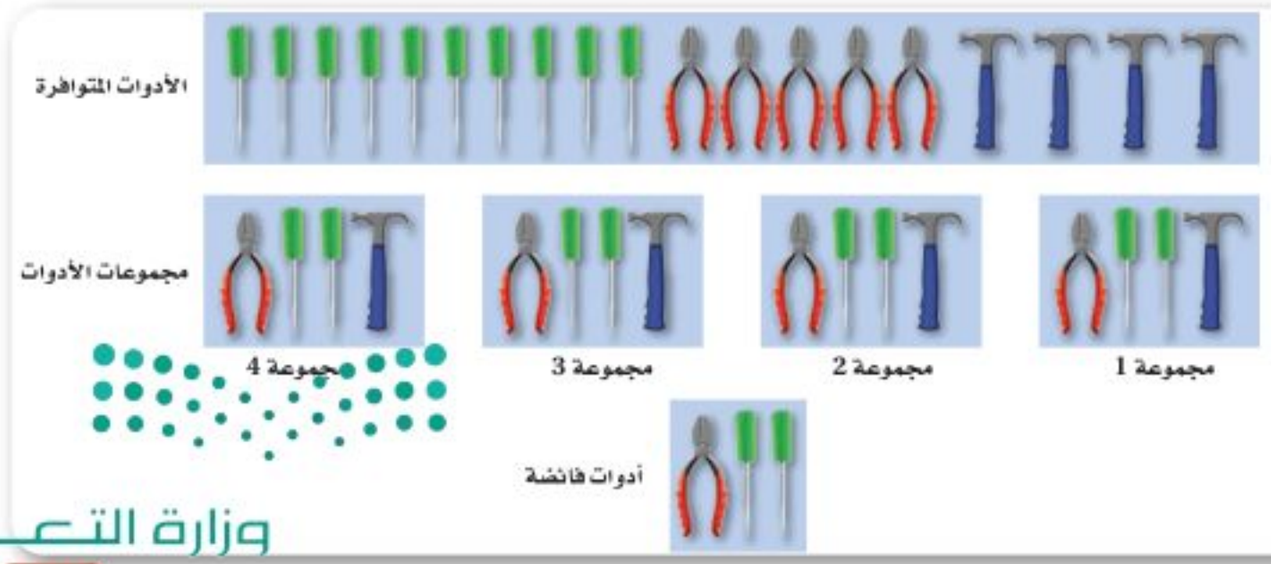
الربط مع الحياة إذا كان عدد الطلاب الراغبين في الجلوس أكبر من عدد المقاعد فإن عددًا من الطلاب سيبقى واقفًا. وهذا الموقف يشبه المواد المتفاعلة؛ إذ لا تشترك المواد الفائضة في التفاعل.

لماذا تتوقف التفاعلات؟ Why do reactions stop?

نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعادة ما تكون واحدة أو أكثر من المواد فائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. لذا فإن كمية المواد الناتجة تعتمد على كمية المادة المحددة للتفاعل.

المواد المحددة للتفاعل والمواد الفائضة بالرجوع إلى التجربة الاستهلالية صفحة 11؛ وعند إضافة المزيد من كبريتيد الصوديوم الهيدروجيني إلى المحلول الشفاف الذي تكوَّن لم يُلاحظ أي تغيّر؛ وذلك لعدم وجود برمنجنات بوتاسيوم للتفاعل معه. لذا فإن برمنجنات البوتاسيوم مادة محددة للتفاعل. والمادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك كليًا في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.

لذلك تبقى كميات من المواد المتفاعلة الأخرى بعد توقف التفاعل بدون استهلاك. وتُسمى هذه المواد المتبقية المواد الفائضة. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة انظر **الشكل 11-1**. يمكننا بناءً على المواد المتوافرة تكوين أربع مجموعات تتألف من كماشة ومطرقة ومفكين. وقد حُدّد عدد المجموعات بناءً على عدد المطارق، لذا تبقى الكماشات والمفكات فائضة.



الشكل 11-1 يجب أن تحتوي كل مجموعة على مطرقة، لذا يمكن تشكيل أربع مجموعات.

فسر كم مطرقة يتطلب إكمال المجموعة الخامسة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 12-1 إذا أمعنت النظر في الذرات الموجودة قبل التفاعل وبعده فستجد أن بعض جزيئات النيتروجين لم تتغير. وتسمى هذه الجزيئات المادة الفائضة.

تعـرُّف المادة المحددة للتفاعل بُنيت الحسـابات التي أجريتها في الأمثلة السابقة على وجود المواد المتفاعلة بالنسـبة التي تحددها معادلة التفاعل الموزونة. وعندما لا تكون الحالة على هذا النحو فإن عليك معرفة المادة المحددة للتفاعل أولاً.

فلننـظر إلى التفاعل في **الشـكل 12-1** الـذي يصف تفاعل ثلاثة جزيـئات من النيتروجين N_2 مع ثلاثة جزيئات من الهيـدروجين H_2 لتكـوين غـاز الأمونيا NH_3؛ إذ تتحلل جزيئات النيتروجين والهيدروجين في بداية التفاعل إلى ذرات منفصلة تتفاعل معًا لتكوين جزيئات الأمونيا، كما هو الحال في مثال الأدوات في **الشكل 11-1**.

ما عدد جزيئات الأمونيا المتكوّنة؟ يمكن تكوين جزيئين من الأمونيا، وذلك بسبب وجود سـتة ذرات هيدروجين، ترتبط كل ثلاث منهـا مع ذرة نيتروجين. ولذا يُعد الهيدروجـين مادة محددة للتفاعل، في حـين يُعد النيتروجين مـادة فائضة. لذا من الـضروري معرفة المادة المحـددة للتفاعل والمادة الفائضـة؛ لأنّ كمية المادة الناتجة تعتمد على ذلك.

ماذا قـرأت؟ **توسـع** ما عدد جزيئـات الهيدروجين التي تلـزم للتفاعل مع جزيئات النيتروجين الفائضة في **الشكل 12–1**؟

حساب الناتج بناءً على المادة المحددة للتفاعل
Calculating the Product when a Reactant is Limiting

كيف يمكنك حساب كمية الناتج عندما تكون إحدى المواد محددة للتفاعل؟ لنأخذ مثالاً على ذلـك مركب ثنائي كلوريـد ثنائي الكبريت الذي يسـتخدم في صناعة جلفنة المطاط. يظهر **الشكل 13-1** كيف تجعل الفلكنةُ المطاطَ صالحًا للاستعمالات الكثيرة، حيث يُحضّر هذا المركب بتفاعل مصهور الكبريت مع غاز الكلور حسـب المعادلة:

$$S_{8(l)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow 4S_2Cl_{2(l)}$$

مـا مقدار ثنائي كلوريد ثنائـي الكبريت الناتج عن تفاعـل 200.0 g من مصهور الكبريت مع 100.0 g من غاز الكلور؟

حساب المادة المحددة للتفاعل لقد أعطيت كتلتي المادتين المتفاعلتين، لذا عليك أن تحدد أولاً أيهما المادة المحددة للتفاعل؛ لأن التفاعل سيتوقف عندما تستهلك هذه المادة تمامًا.

المطويات

أدخل معلومـات من هذا القسم في مطويتك.

الشكـل 13-1 يكون المطاط الطبيعي لينًا ولزجًا، لذا يعالج بالفلكنة ليصبح أكثر صلابة. ترتبط الجزيئات في أثناء عملية الفلكنة معًا مكونة مادة ناعمة، صلبة، قليلة اللزوجة. لذا تجعل الفلكنة من المطاط الطبيعي مادة مثالية لصناعة بعض الأدوات، ومنها العجلة الظاهرة في الصورة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مولات المواد المتفاعلة يتطلب تعرّف المادة المحددة للتفاعل إيجاد عدد مولات كل مادة متفاعلة؛ وذلك بتحويل كتل المواد إلى مولات. ويمكنك تحويل كتلة كل من الكلور والكبريت إلى مولات، بضرب كتلة كل مادة في عامل تحويل يساوي معكوس الكتلة المولية لكل منها.

$$100.0\ \text{g}\cancel{Cl_2} \times \frac{1\ \text{mol}\ Cl_2}{70.91\ \text{g}\cancel{Cl_2}} = 1.410\ \text{mol}\ Cl_2$$

$$200.0\ \text{g}\cancel{S_8} \times \frac{1\ \text{mol}\ S_8}{256.5\ \text{g}\cancel{S_8}} = 0.7797\ \text{mol}\ S_8$$

استعمال نسب المولات تتطلب الخطوة الآتية معرفة النسبة المولية الصحيحة التي تربط بين المادتين كما أعطيت في المعادلة الموزونة. تبين معاملات المعادلة الموزونة وجود 4 mol من Cl_2 لكل 1 mol من S_8، أي أن النسبة بينهما (4:1). ويتطلب تحديد النسب الصحيحة المقارنة بين النسبة (4:1) ونسب المولات الفعلية للمواد المتفاعلة. ولإجراء ذلك نقسم عدد مولات الكلور الفعلية على مولات الكبريت الفعلية أيضًا.

$$\frac{1.410\ \text{mol}\ Cl_2}{0.7797\ \text{mol}\ S_8} = \frac{1.808\ \text{mol}\ Cl_2}{1\ \text{mol}\ S_8}$$

تظهر الحسابات أن النسبة هي: 1.808 mol من Cl_2 لكل 1mol من S_8 بدلاً من 4 mol من Cl_2 كما تظهر المعادلة. ولذلك يكون الكلور هو المادة المحددة للتفاعل.

حساب كمية الناتج المتكوّن يمكنك بعد حساب مولات المادة المحددة للتفاعل أن تحسب مولات المادة الناتجة عن طريق ضرب مولات المادة المحددة للتفاعل (1.410mol) في نسبة مولات ثنائي كلوريد ثنائي الكبريت، ثم تحويل مولات S_2Cl_2 إلى جرامات، وذلك بضرب عدد المولات في كتلتها المولية كما هو مبين أدناه:

$$1.410\ \cancel{\text{mol}\ Cl_2} \times \frac{4\ \cancel{\text{mol}\ S_2Cl_2}}{4\ \cancel{\text{mol}\ Cl_2}} \times \frac{135.0\ \text{g}\ S_2Cl_2}{1\ \cancel{\text{mol}\ S_2Cl_2}} = 190.4\ \text{g}\ S_2Cl_2$$

وهذا يعني تكوّن 190.4 g من S_2Cl_2 عند تفاعل 1.410 mol من Cl_2 مع كمية فائضة من S_8.

المادة الفائضة بعد أن حددت المادة المحددة للتفاعل وكمية الناتج المتكوّن قد ترغب في معرفة ما حدث للمادة الفائضة، والكمية التي تفاعلت من الكبريت؟

المولات المتفاعلة عليك تحويل المولات إلى كتلة لمعرفة كتلة الكبريت التي تلزم لتتفاعل تمامًا مع 1.410 mol من Cl_2، لذا ابدأ أولاً حساب مولات الكبريت بضرب مولات الكلور بالنسبة المولية لـ S_8 / Cl_2.

$$1.410\ \text{mol}\ Cl_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ S_8}{4\ \text{mol}\ Cl_2} = 0.3525\ \text{mol}\ S_8$$

الكتلة المتفاعلة لحساب كتلة الكبريت، تضرب 0.3525 mol S_8 في الكتلة المولية لـ S_8

$$0.3525\ \text{mol}\ S_8 \times \frac{256.52\ \text{g}\ S_8}{1\ \text{mol}\ S_8} = 90.423\ \text{g}\ S_8$$

الكمية الفائضة يمكن حساب الكمية المتبقية بعد التفاعل من S_8 بطرح كتلة المادة المتفاعلة من كتلة المادة الكلية على النحو الآتي:

الكمية الفائضة = كتلة المادة – الكمية التي تفاعلت

$$200.0\ \text{g}\ S_8 - 90.423\ \text{g}\ S_8 = 109.57\ \text{g}\ S_8$$

مهن في الكيمياء

الصيدلي إن معرفة تركيب الدواء، وكيفية استعماله، والمضاعفات الضارة المحتملة من استعماله تجعل الصيدلي قادرًا على نصح المريض وإرشاده. كما يقوم الصيدلي بمزج المواد الكيميائية لصناعة المساحيق، والأقراص، والدهون والمحاليل.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع.

الناتج

الاستعمال العلمي: مادة جديدة تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي. كان الناتج الوحيد عن التفاعل غازًا عديم اللون.

الاستعمال الشائع: شيء ينتج عند قسمة عددين أحدهما على الآخر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 10-1

المادة المحددة للتفاعل يتفاعل الفوسفور الصلب الأبيض P_4 مع الأكسجين لتكوين مركب صلب يُسمّى عاشر أكسيد رابع الفوسفور P_4O_{10}، ويطلق على هذا المركب أحيانًا اسم خامس أكسيد ثنائي الفوسفور؛ لأن صيغته الأولية هي P_2O_5.

a. احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة عن تفاعل 25.0 g من الفوسفور مع 50.0 g من الأكسجين.

b. ما مقدار المادة الفائضة بعد انتهاء التفاعل؟

1 تحليل المسألة بما أن لديك كتلتي المادتين المتفاعلتين لذا يمكنك تعرّف المادة المحددة للتفاعل، ثم حساب كتلة الناتج.

ويمكن معرفة عدد مولات المادة الفائضة بناءً على معرفة مولات المادة المحددة للتفاعل، وحساب عدد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت وتحويلها إلى كتلة، ثم طرح هذه الكتلة من الكتلة المتوافرة قبل بدء التفاعل.

المعلوم

كتلة الفوسفور = 25.0 g

كتلة الأكسجين = 50.0 g

المطلوب

كتلة عاشر أكسيد رابع الفوسفور = P_4O_{10} ?g

كتلة المادة الفائضة = ?g

2 حساب المطلوب

حساب المادة المحددة للتفاعل

اكتب المعادلة الموزونة، وحدّد المعطيات والمطلوب

25.0 g	50.0 g	? g
$P_{4(s)}$	+ $5O_{2(g)}$	→ $P_4O_{10(s)}$

احسب عدد مولات المواد المتفاعلة بضرب كتلة كل منها في عامل التحويل الذي يربط عدد المولات مع الكتلة معكوس الكتلة المولية لكل منها.

احسب مولات P_4

$$25.0\ \text{g}\ P_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ P_4}{123.9\ \text{g}\ P_4} = 0.202\ \text{mol}\ P_4$$

احسب مولات O_2

$$50.0\ \text{g}\ O_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ O_2}{32.00\ \text{g}\ O_2} = 1.56\ \text{mol}\ O_2$$

احسب النسبة المولية الفعلية لمولات O_2، P_4

احسب نسبة مولات O_2 إلى مولات P_4

$$\frac{1.56\ \text{mol}\ O_2}{0.202\ \text{mol}\ P_4} = \frac{7.72\ \text{mol}\ O_2}{1\ \text{mol}\ P_4}$$

حدد النسبة المولية للمواد المتفاعلة من المعادلة الموزونة:

$$\text{النسبة المولية} = \frac{5\ \text{mol}\ O_2}{\text{mol}\ P_4}$$

وبما أنه يتوافر 7.72 mol من الأكسجين، في حين أن التفاعل يحتاج إلى 5 mol من الأكسجين لتتفاعل مع 1 mol من P_4O_{10}، فالأكسجين هو المادة الفائضة، ويكون P_4 هو المادة المحددة للتفاعل. لذا تستعمل مولات P_4 لحساب مولات P_4O_{10} الناتجة.

اضرب عدد مولات P_4 في النسبة المولية $\frac{P_4O_{10}}{P_4}$

احسب مولات P_4O_{10} الناتجة.

$$0.202\ \text{mol}\ P_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ P_4O_{10}}{1\ \text{mol}\ P_4} = 0.202\ \text{mol}\ P_4O_{10}$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ولحساب كتلة P_4O_{10} نضرب مولات P_4O_{10} في عامل التحويل الذي يربط الكتلة بالمولات.

احسب كتلة P_4O_{10} الناتجة.

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}} \times \frac{283.9 \text{ g } P_4O_{10}}{1 \cancel{\text{mol } P_4O_{10}}} = \mathbf{57.3 \text{ g } P_4O_{10}}$$

وبما أن O_2 هو المادة الفائضة فإن جزءًا منه فقط يتفاعل. لذا استخدم المادة المحددة للتفاعل P_4 لحساب عدد مولات O_2 الداخل في التفاعل وكتلته.

اضرب عدد مولات المادة المحددة للتفاعل في النسبة المولية لتحديد مولات المادة الفائضة التي تفاعلت والتي بقيت.

$$0.202 \cancel{\text{mol } P_4} \times \frac{5 \text{ mol } O_2}{1 \cancel{\text{mol } P_4}} = 1.01 \text{ mol } O_2$$

حوّل مولات O_2 الداخلة في التفاعل إلى كتلة.

اضرب عدد مولات O_2 في الكتلة المولية.

$$1.0 \cancel{\text{mol } O_2} \times \frac{32.0 \text{g } O_2}{1 \cancel{\text{mol } O_2}} = 32.3 \text{ g } O_2$$

احسب كمية O_2 الفائضة.

$$32.3 \text{ g } O_2 - 50.0 \text{ g } O_2 = \mathbf{17.7 \text{ g } O_2}$$

3 تقويم الإجابة أعطيت جميع القيم بثلاث أرقام معنوية، وكذلك أُعطيت قيمة P_4O_{10} . وينطبق ذلك على جميع الحسابات والأرقام الداخلة في المسألة. حسبت كتلة الأكسجين الفائضة (17.7g) بطرح رقمين في كل منهما منزلة عشرية واحدة. لذا فإن الكتلة الفائضة من الأكسجين صحيحة؛ لأنها تحتوي على منزلة عشرية واحدة.

مسائل تدريبية

51. يتفاعل الصوديوم مع أكسيد الحديد (III) وفق المعادلة الكيميائية:

$$6Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe_{(s)}$$

إذا تفاعل 100 g من Na مع 100.0 g من Fe_2O_3 ، فاحسب كلًّا مما يأتي:

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

52. تحفيز يَستعمل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبتة ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

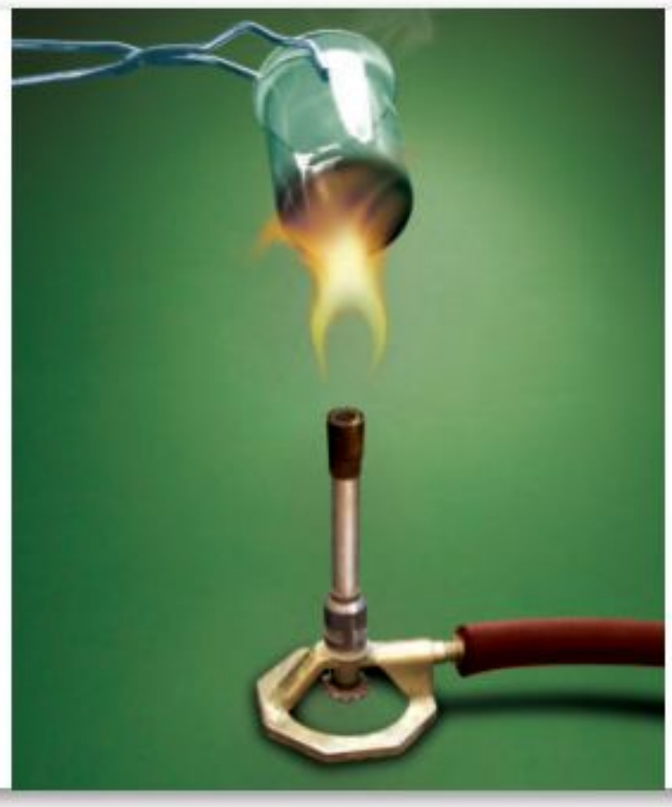
a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

b. وحدد المادة المحددة للتفاعل.

c. وحدد المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

e. واحسب كتلة السكر الناتج.



الشكل 14-1 عندما لا يتوافر الأكسجين بكميات كافية يشتعل لهب بنزن بلهب أصفر مليء بالسناج، كما يظهر الشكل الأيمن. أما إذا توافرت كميات كافية فيشتعل موقد بنزن بلهب أزرق شديد الحرارة، خالٍ من السناج، كما في الشكل الأيسر.

لماذا نستخدم فائضا من مادة متفاعلة؟

تجربة عملية

ملاحظة المادة المحددة للتفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

يتوقف كثير من التفاعلات عن الحدوث على الرغم من بقاء جزء من المواد المتفاعلة في خليط التفاعل. وقد يؤدي ذلك إلى هدر المواد الأولية. لذا وجد الكيميائيون أن استعمال مادة واحدة بكميات فائضة ـ وهي عادة المادة الأقل ثمنًا ـ يدفع التفاعل للاستمرار لحين نفاد المادة المحددة للتفاعل تمامًا، كما أن ذلك يزيد من سرعة التفاعل الكيميائي.

يبين **الشكل 14-1** كيف يؤدي التحكم في المادة المتفاعلة إلى زيادة فاعلية التفاعل. وكما تعلم فإن موقد بنزن يستعمل في المختبرات المدرسية، ويمكن التحكم في كمية الهواء الممزوجة بالغاز عن طريق فتحات الهواء الخاصة بذلك، مما يساعد على تعديل كمية الأكسجين الممزوج بغاز الميثان. وتعتمد فاعلية اللهب على نسبة غاز الأكسجين، فعندما تكون كمية الهواء محدودة يكون اللهب أصفر اللون بسبب عدم احتراق جزء من الغاز، مما يؤدي إلى تراكم السناج (الكربون) على الأدوات الزجاجية، فينتج عن ذلك هدر في استعمال الوقود؛ لأن الطاقة الناتجة أقل من الطاقة التي يمكن الحصول عليها.

وعند توافر الأكسجين بكميات فائضة يحترق المزيج منتجًا لهبًا حارًّا في صورة لهب أزرق باهت، ولكن لا يتكون السناج؛ بسبب احتراق الوقود تمامًا.

الربط مع علم الأحياء يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية والعناصر بكميات قليلة للمساعدة على حدوث التفاعلات الأيضية بيسر وسهولة. ويؤدي نقص هذه المواد إلى إعاقات في النمو، وخلل في وظائف خلايا الجسم. فالفوسفور على سبيل المثال ضروري جدًّا لعمل الأجهزة الحيوية، كما توجد مجموعة الفوسفات في المادة الوراثية DNA. ويحتاج الجسم إلى البوتاسيوم ليؤدي كل من الأعصاب وضغط الدم والعضلات عملها بصورة صحيحة. فإذا احتوت الوجبات الغذائية على كميات كبيرة من الصوديوم وكميات أقل من البوتاسيوم فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم. ولا يستطيع الجسم دون وجود فيتامين B-12 تكوين المادة الوراثية DNA على نحوٍ صحيح، مما يؤثر في إنتاج خلايا كرات الدم الحمراء.

إساءة استخدام العقاقير الطبية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 5-1

الخلاصة

- **المادة** المحددة للتفاعل هي المادة التي تستهلك تمامًا في أثناء التفاعل الكيميائي. أمّا المادة التي لم تستهلك جميعها وتبقى بعد انتهاء التفاعل فتسمى »المادة الفائضة«.
- **ينبغي** لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- **تعتمد** الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

53. الفكرة الرئيسة **صف** لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟

54. **حدِّد** المادة المحددة للتفاعل والمادة الفائضة في كل من التفاعلات الآتية:

a. احتراق الخشب.

b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعقة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.

c. تحلّل صودا الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.

55. **حلِّل** يستخدم ثالث كبريتيد رابع الفوسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويحضر هذا المركب بالتفاعل.

$$8P_4 + 3S_8 \longrightarrow 8P_4S_3$$

حدّد أي الجمل الآتية غير صحيحة، وأعد كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3

b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المحددة للتفاعل.

c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320 g من P_4S_3

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–6

الأهداف

- **تحسب** المردود النظري للتفاعل الكيميائي من البيانات.
- **تحدد** المردود المئوي للتفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

عملية: سلسلة من الأفعال أو الأعمال.

المفردات الجديدة

المردود النظري
المردود الفعلي
نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية Percent Yield

الفكرة الرئيسة **نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.**

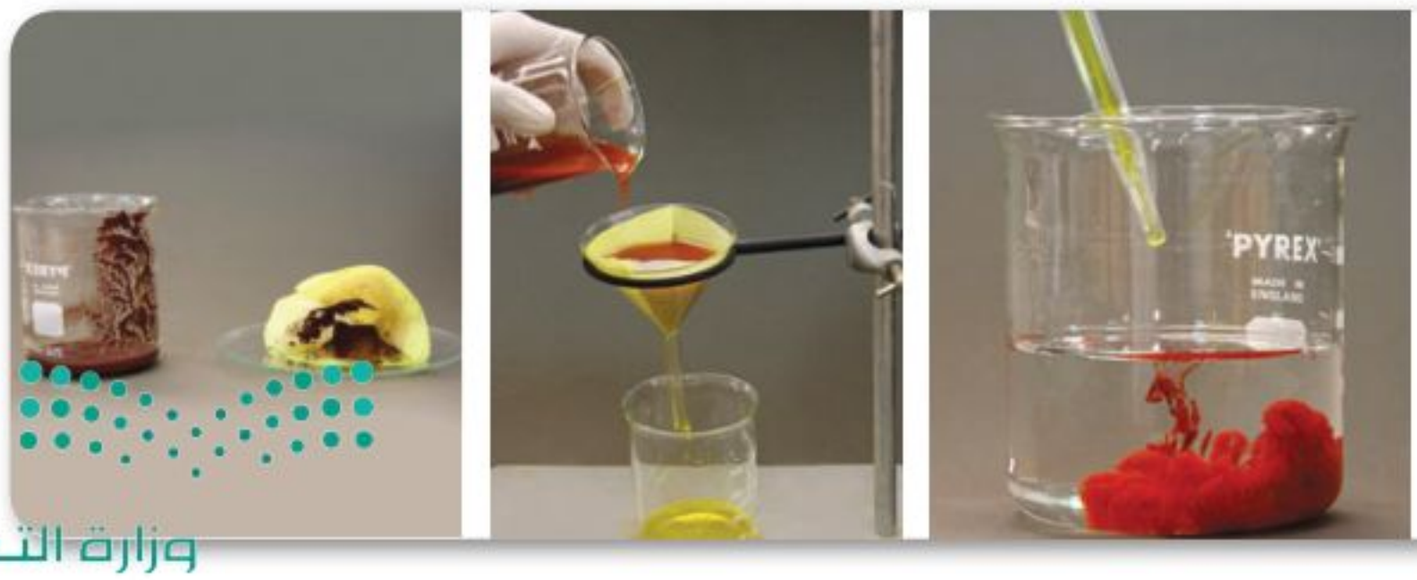
الربط مع الحياة افترض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمائة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مائة هدف، ولكن فعليًّا قد لا تحقق هدفًا في كل رمية. للتفاعلات الكيميائية أيضا نواتج نظرية وأخرى فعلية.

ما مقدار المادة الناتجة؟ How much product ?

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجرى في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقًا. ولكن ذلك غير صحيح، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة. ولأسباب متعددة تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، ولا تنتج كميات النواتج المتوقعة منها. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة- في الحالة السائلة -على سطوح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو كما يوضح **الشكل 15-1** قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانبًا على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

المردود النظري والمردود الفعلي في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه المردود النظري للتفاعل. **المردود النظري** أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

نادرًا ما ينتج عن التفاعل الكيميائي مردود فعلي مطابق للمردود النظري المتوقع. يحدد الكيميائي المردود الفعلي للتفاعل من خلال تجربة دقيقة يحسب من خلالها كتلة المادة الناتجة . لذا **فالمردود الفعلي** هو كمية المادة الناتجة عند إجراء التفاعل الكيميائي عمليًّا.



الشكل 15-1 تتشكل كرومات الفضة عند إضافة كرومات البوتاسيوم إلى نترات الفضة. لاحظ أن بعضًا من المادة المترسبة قد ترك جانبًا على ورقة الترشيح، كما أن كمية أخرى منها تفقد لأنها قد تعلق على جوانب الإناء.

نسبة المردود المئوية يحتاج الكيميائيون إلى معرفة فاعلية التفاعل في إنتاج النواتج المرغوب فيها. ومن طرائق قياس فاعلية التفاعل حساب نسبة المردود المئوية. لذا فإنّ **نسبة المرود المئوية** للنواتج هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري في صوره نسبة مئوية.

نسبة المردود المئوية

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

لذا تحسب نسبة المردود المئوية بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري مضروبًا في مئة.

مثال 11-1

نسبة المردود المئوية تتكون كرومات الفضة الصلبة Ag_2CrO_4 عند إضافة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 إلى محلول يحتوي على $0.500\ g$ من نترات الفضة $AgNO_3$. احسب المردود النظري لكرومات الفضة Ag_2CrO_4، واحسب نسبة المردود المئوية إذا كانت كتلة كرومات الفضة Ag_2CrO_4 الناتجة فعليًّا عن التفاعل هي $(0.455\ g)$.

1 تحليل المسألة تعْلم أن كتلة المواد المتفاعلة وكتلة المردود الفعلي من المعطيات. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، واحسب المردود النظري بتحويل جرامات $AgNO_3$ إلى مولات $AgNO_3$، ومن ثم تحويل مولات $AgNO_3$ إلى مولات Ag_2CrO_4، وأخيرًا تحويل مولات Ag_2CrO_4 إلى جرامات Ag_2CrO_4. ثم احسب نسبة المردود المئوية من المردود الفعلي والمردود النظري.

المعطيات

كتلة نترات الفضة $= 0.500\ g\ AgNO_3$

المردود الفعلي $= 0.455\ g\ Ag_2CrO_4$

المطلوب

المردود النظري $= ?\ g\ Ag_2CrO_4$

المردود المئوي $= ?\ \%Ag_2CrO_4$

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وحدد المعطيات والمطلوب

$$2AgNO_{3(aq)} + K_2CrO_{4(aq)} \rightarrow Ag_2CrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

$0.500\ g$ ؟ g

استخدم الكتلة المولية لتحويل جرامات $AgNO_3$ إلى عدد مولات $AgNO_3$

$$0.500\ \cancel{g\ AgNO_3} \times \frac{1\ mol\ AgNO_3}{169.9\ \cancel{g\ AgNO_3}} = 2.94 \times 10^{-3}\ mol\ AgNO_3$$

استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات $AgNO_3$ إلى عدد مولات Ag_2CrO_4

$$2.94 \times 10^{-3}\ \cancel{mol\ AgNO_3} \times \frac{1\ mol\ Ag_2CrO_4}{2\ \cancel{mol\ AgNO_3}} = 1.47 \times 10^{-3}\ mol\ Ag_2CrO_4$$

احسب المردود النظري

$$1.47 \times 10^{-3}\ \cancel{mol\ Ag_2CrO_4} \times \frac{331.7\ g\ Ag_2CrO_4}{1\ \cancel{mol\ Ag_2CrO_4}} = 0.488\ g\ Ag_2CrO_4$$

احسب نسبة المردود المئوية.

$$\frac{0.455\ \cancel{g\ Ag_2CrO_4}}{0.488\ \cancel{g\ Ag_2CrO_4}} \times 100 = 93.2\%\ Ag_2CrO_4$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم المسألة

القيمة التي تحتوي أقل عدد من الأرقام المعنوية هي القيمة التي يوجد بها ثلاثة أرقام معنوية، لذا فالنسبة التي استخدمت للتعبير عن الجواب صحيحة. كما أن الكتلة المولية لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 هي ضعف الكتلة المولية لنترات الفضة $AgNO_3$ تقريبًا. ولذلك نسبة عدد مولات نترات الفضة $AgNO_3$ إلى عدد مولات كرومات الفضة Ag_2CrO_4 في المعادلة هي (2:1). ولذلك يجب أن ينتج 0.500 g من $AgNO_3$ من الكتلة نفسها من كرومات الفضة تقريبًا.

فالمردود الفعلي لكرومات الفضة قريب من 0.500g، لذلك فنسبة المردود المئوية معقولة.

مسائل تدريبية

56. تحتوي أقراص مضاد الحموضة على هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ لمعادلة حمض المعدة HCl. ويمكن وصف التفاعل الحادث في المعدة بالمعادلة:

$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

احسب المردود النظري لـ $AlCl_3$ إذا تفاعل قرص مضاد للحموضة يحتوي على 14.0 g من $Al(OH)_3$ تمامًا مع حمض المعدة HCl.

57. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة: $Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$

a. احسب المردود النظري إذا تفاعل 1.912 mol من الزنك.

b. احسب نسبة المردود المئوية إذا تم الحصول عمليًّا على 515.6 g من يوديد الزنك.

58. تحفيز عند وضع سلك من النحاس في محلول نترات الفضة $AgNO_3$ تترسب بلورات الفضة، ويتكون محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

b. إذا تفاعل 20.0 g من النحاس فاحسب المردود النظري للفضة.

c. إذا نتج 60.0 g من الفضة فعليًّا من التفاعل، فما نسبة المردود المئوية للتفاعل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر تحليل البيانات

التحليل والاستنتاج

هل يمكن أن تكون صخور سطح القمر مصدرًا فعالاً للأكسجين لتزويد رحلات القمر في المستقبل؟

بالرغم من عدم وجود غلاف جوي للقمر، ومن ثم عدم وجود أكسجين عليه، إلا أن سطحه مُغطى بصخور وتربة مكونة من الأكاسيد. لذا يبحث العلماء كيف يستخلصون الأكسجين من صخور القمر وتربته للاستفادة منه في التنفس في الرحلة إليه. وقد زوَّد تحليلُ عينات الصخور التي أحضرت من سطح القمر العلماءَ بالمعلومات الموضحة في الجدول. عن الأكاسيد في تربة القمر ونسبها الكتلية المئوية.

التفكير الناقد

1. **احسب** كتلة (بالجرام) كل من الأكاسيد الواردة في الجدول في 1.00 kg من تربة القمر.
2. **طبق** يرغب العلماء في استخراج الأكسجين من أكسيد الفلز باستخدام تفاعل التحلل:

   الأكسجين + الفلز ⟶ أكسيد الفلز

   ولتقويم صحة هذه الفكرة حدد كمية الأكسجين (بالكيلوجرام) في كل من الأكاسيد الموجودة في 1.00 kg من تربة القمر.
3. **عرف** ما الأكسيد الذي يعطي أكبر ناتج من الأكسجين لكل كيلوجرام؟ وما الأكسيد الذي يعطي أقل ناتج؟
4. **حدد** المردود النظري للأكسجين في الأكاسيد الموجودة في عينة كتلتها 1.00 Kg من تربة القمر.
5. **احسب** استطاع العلماء باستخدام الأساليب المتوافرة حاليًّا استخراج 15 Kg من الأكسجين من 100 Kg من تربة القمر. احسب نسبة المردود المئوية لهذه العملية.

البيانات والملاحظات

بيانات الصخور	
الأكسيد	النسبة الكتلية في التربة %
SiO_2	47.3%
Al_2O_3	17.8%
CaO	11.4%
FeO	10.5%
MgO	9.6%
TiO_2	1.6%
Na_2O	0.7%
K_2O	0.6%
Cr_2O_3	0.2%
MnO	0.1%

نسبة المردود المئوية والجدوى الاقتصادية
Percent Yield and the Economic Feasibility

تلعب نسبة المردود المئوية دورًا مهمًّا في تحديد التكلفة الاقتصادية لكثير من الصناعات. وفي المثال الموضح **بالشكل 16-1**، يستخدم الكبريت لتحضير حمض الكبريتيك H_2SO_4، وهو مادة كيميائية أولية مهمة تدخل في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الأسمدة والمنظفات والمنسوجات والأصباغ.

لذا تؤثر تكلفة إنتاج حمض الكبريتيك في تكلفة الكثير من المواد التي يستخدمها المستهلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إن الخطوتين الأوليين لعملية التصنيع هما:

الخطوة الأولى $S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 8SO_{2(g)}$

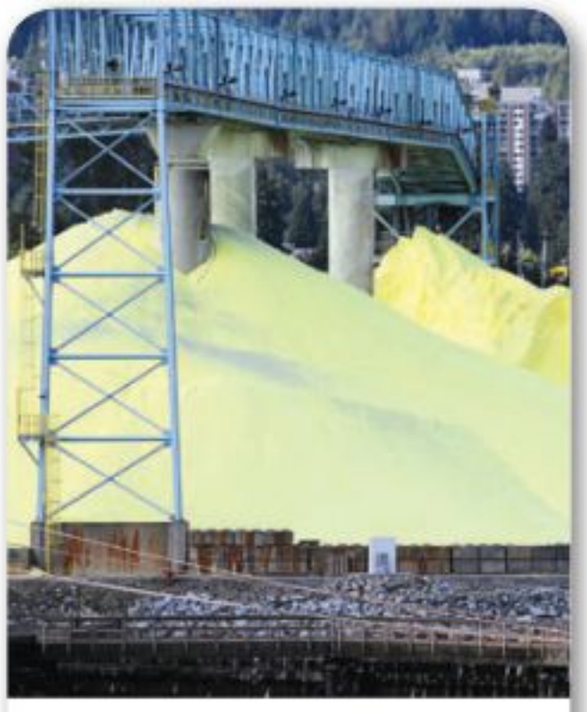
الخطوة الثانية $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$

وفي الخطوة الأخيرة يتحد ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع الماء لينتج حمض الكبريتيك.

الخطوة الثالثة $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

الخطوة الأولى، ينتج عن حرق الكبريت ثاني أكسيد الكبريت بنسبة 100% تقريبًا، كما ينتج ثالث أكسيد الكبريت في الخطوة الثانية أيضًا بنسبة عالية إذا استُخدِم عامل محفز عند درجة حرارة (400°C). والعامل المحفز مادة تزيد من سرعة التفاعل أو دون أن تستهلك، ولا تظهر في المعادلة الكيميائية. لكن تحت هذه الظروف يكون التفاعل بطيئًا، ورفع درجة الحرارة تزيد من سرعة التفاعل، ولكنها تقلل من الناتج.

ولزيادة الناتج وتقليل الوقت في الخطوة الثانية، طور العلماء نظامًا تمرر خلاله المواد المتفاعلة SO_2 و O_2 فوق عامل محفز عند درجة حرارة (400 °C). ولأن التفاعل يصدر مقدارًا كبيرًا من الحرارة ترتفع درجة الحرارة بالتدريج، وتقل كمية الناتج. ولذلك، عندما تصل درجة الحرارة إلى 600 °C تقريبًا يتم تبريد المزيج، ومن ثم يُمرر فوق العامل المحفز مرة أخرى. وبتكرار تمريره فوق العامل المحفز أربع مرات مع التبريد بين كل عملية وأخرى نحصل على ناتج أكبر من (98%).



الشكل 16-1 الكبريت يتم استخراج الكبريت من منتوجات البترول بواسطة عمليات كيميائية، كما يستخرج بدفع الماء الساخن إلى أماكن تجمعه تحت الأرض، فيُضخ الكبريت السائل إلى السطح.

التقويم 1-6

الخلاصة

- **المردود** النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- **المردود** الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عمليًّا من التفاعل.
- **نسبة** المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

59. الفكرة الرئيسة **حدد** أيٌّ مما يأتي يعد أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي المردود النظري أم المردود الفعلي أم نسبة المردود المئوية؟

60. **اذكر** عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.

61. **وضح** كيف تحسب نسبة المردود المئوية؟

62. **طبق** إذا خلطت 83.77 g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III):

$2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$

فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟

63. **احسب** نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

بيانات التفاعل	
كتلة الجفنة	35.67g
كتلة الجفنة + Mg	38.06g
كتلة الجفنة + MgO بعد التسخين	39.15g

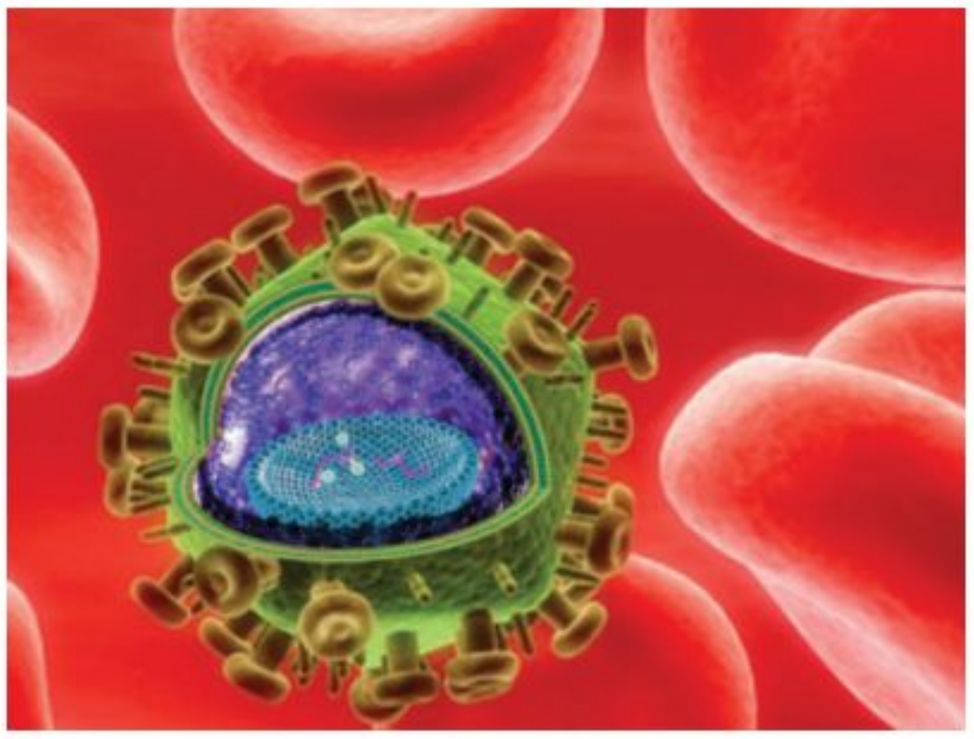
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

محاربة السلالات المقاومة

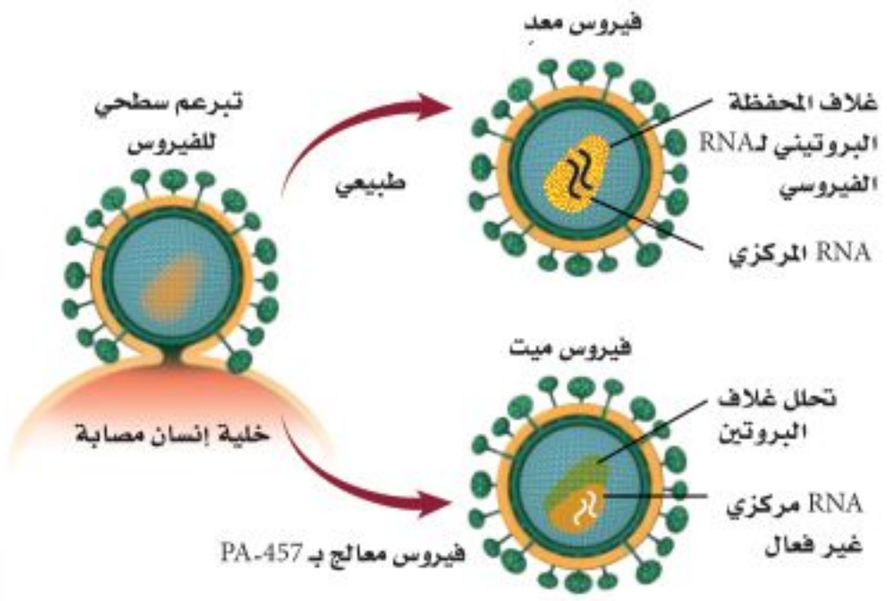
لقد تبين أن فيروس نقص المناعة عند الإنسان [HIV] الذي يسبب مرض الإيدز من ألد أعداء الطب الحديث، ولم يتم التوصل إلى علاجه حتى الآن. ويعود ذلك إلى قدرة هذا الفيروس الفائقة على التكيف؛ إذ تظهر السلالات المقاومة للأدوية من هذا الفيروس بسرعة؛ بحيث تصبح الأدوية الحديثة والمتطورة جميعها دون جدوى. وتُجرى بعض 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 بناء مقاومة ضد هذا الدواء PA–457.

وقد أخضع الباحثون عينات من [HIV] إلى جرعات قليلة من PA–457، مما يسمح ببقاء بعض الفيروسات حية وتبني مقاومة. ثم تُجمع الفيروسات التي بقيت حية بعد تعرضها لـ PA – 457، 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 أن 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 نموه.

تقليل سرعة النمو الأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أن يهاجم بناء [HIV] ويجعل بناء مقاومته بطيئة. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم [HIV] في مراحل دورة حياته المختلفة. وتدعى هذه التجربة علاجًا متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من بناء 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 السُّميّة والأعراض الجانبية؟

مختبر الكيمياء 1

تحديد صيغة الأملاح المائية

الخلفية النسبة بين عدد مولات الماء وعدد مولات المركب في الأملاح المائية عدد صحيح صغير. ويمكن تحديد هذه النسبة بتسخين الملح المائي لإزالة الماء.

سؤال كيف يمكنك تحديد عدد مولات الماء في مول واحد من الملح المائي؟

المواد والأدوات اللازمة

لهب بنزن	ميزان
حامل معدني وحلقة	ملح $MgSO_4$ المائي (كبريتات الماغنسيوم)
بوتقة ذات غطاء	ملعقة
مثلث خزفي	ولاعة أو علبة كبريت
ملقط البوتقة	

إجراءات السلامة

تحذير: أطفئ لهب بنزن عند الانتهاء من استعماله. تعامل بحذر مع البوتقة والغطاء والمثلث الخزفي لأنها ساخنة وقد تحرق الجلد. لا تستنشق الروائح؛ لأنها تسبب الضرر للجهاز التنفسي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية.
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات.
3. أوجد كتلة البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
4. ضع 3 g من $MgSO_4$ المائي في البوتقة، ثم قس كتلته مع البوتقة وغطائها إلى أقرب 0.01 g.
5. دوّن ملاحظاتك حول الملح المائي.
6. ضع المثلث الخزفي فوق حلقة الحامل؛ بحيث يكون فوق لهب بنزن مباشرة، دون أن تشعل اللهب.
7. ضع البوتقة على المثلث بحذر، ثم ضع الغطاء فوقها بحيث يكون مائلاً قليلاً.
8. ابدأ التسخين بلهب خفيف، ثم زد شدة اللهب تدريجيًّا مدة 10 دقائق ثم أطفئ اللهب.
9. ارفع البوتقة عن اللهب باستعمال الملقط بحذر، وقم برفع الغطاء عنها باستعمال الملقط أيضًا، ودعها تبرد.

10. قس كتلة البوتقة والغطاء وكبريتات الماغنسيوم.
11. دوّن ملاحظاتك حول ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي.
12. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي كما يطلب إليك معلمك، ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها المناسبة، ونظّف مكان العمل جيدًا.

حلل واستنتج

1. **احسب** استعمل البيانات التجريبية لحساب صيغة ملح كبريتات الماغنسيوم المائي.
2. **لاحظ واستنتج** قارن بين مظهر بلورات كبريتات الماغنسيوم المائية واللامائية؟
3. **استنتج** لماذا قد تكون الطريقة المستخدمة في المختبر غير مناسبة لتحديد ماء التبلور في الأملاح المائية؟
4. **تحليل الخطأ** إذا كانت صيغة الملح المائي $MgSO_4.7H_2O$، فما نسبة الخطأ في الصيغة الكيميائية $MgSO_4$؟ ما مصادر الخطأ المحتملة؟ ما خطوات العمل التي من الممكن تعديلها للتقليل من الخطأ؟
5. **توقع** ما الذي يمكن أن يحدث للملح اللامائي إذا ترك دون غطاء طوال الليل؟

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار ما إذا كان مركبٌ ملحيٌّ (يحتوي على ماء تبلور) أو لامائيًّا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء 2

تحديد النسبة المولية

الخلفية النظرية: 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 والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس (II) المائية	سخان كهربائي
$CuSO_4 . 5H_2O$	ملقط لحمل الدوارق
برادة حديد	ميزان
ماء مقطر	ساق تحريك
كأس سعتها 150 mL	كأس سعتها 400 mL
مخبار مدرج سعته 100 mL	أوراق وزن

احتياطات السلامة

تحذير: يسبب السخان الكهربائي الحروق، لذا أغلق مصدر الكهرباء إذا كنت لا تستعمله.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس كتلة كأس سعتها 150 mL نظيفة وجافة. وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
3. ضع 12 g $CuSO_4.5H_2O$ في الكأس.
4. أضف 50 mL من الماء المقطر إلى $CuSO_4 .5H_2O$ في الكأس، وضع الكأس على السخان، ثم حرك المزيج حتى يذوب (لا تدع المزيج يصل إلى درجة الغليان)، ثم ارفع الكأس 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. استعن بساق التحريك كما في الصورة لصب المزيج في كأس سعتها 400 mL، من دون صب فلز النحاس الصلب.
9. أضف 15 mL من الماء المقطر إلى فلز النحاس الصلب في الكأس (150 mL)، وحرك هذه الكأس لغسل النحاس، ثم صب السائل فقط في الكأس (400 mL) .
10. كرر الخطوة 9 مرتين.
11. ضع الدورق الذي يحتوي على النحاس الرطب فوق السخان الكهربائي، واستخدم حرارة منخفضة لتجفيف النحاس.

12. ارفع الكأس عن السخان بعد أن يجف النحاس، باستخدام الملقط واتركه حتى يبرد.
13. قس كتلة الكأس والنحاس معًا.
14. **التنظيف والتخلص من الفضلات** 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 وأدوات 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 المستعملة، فتكون هذه الكتلة هي المردود النظري.
2. **فسر البيانات** حدد كتلة، وعدد مولات النحاس الناتجة. واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد النسبة المولية العددية الصحيحة (الحديد: النحاس)، ثم حدد نسبة المردود المئوية.
3. **قارن** بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عمليًّا في الخطوة 2 (الحديد : للنحاس).
4. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون حفظ الكتلة .

1-1 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

المفردات

- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

المفاهيم الرئيسة

- النسبة المئوية بالكتلة للعنصر تساوي نسبة كتلة العنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.
- 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.

1-2 صيغ الأملاح المائية

الفكرة الرئيسة الأملاح المائية مركبات أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

المفردات

- الملح المائي

المفاهيم الرئيسة

- تتكون صيغة الملح المائي من صيغة المركب الأيوني وعدد جزيئات ماء التبلور المرتبطة بوحدة الصيغة.
- يتكون اسم الملح المائي من اسم المركب متبوعًا بمقطع يدل على عدد جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من المركب.
- يتكون الملح اللامائي عند تسخين الملح المائي.

1-3 المقصود بالحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تحدد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المادة الناتجة.

المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

المفاهيم الرئيسة

- تُفَسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات الصيغة الكيميائية).
- تطبق قانون حفظ الكتلة على التفاعلات الكيميائية.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.

1 دليل مراجعة الفصل

1-4 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة يتطلب حل مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة كيميائية موزونة.

المفاهيم الرئيسة

- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كميات 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.

1-5 المادة المحددة للتفاعل

الفكرة الرئيسة يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستنفد أيٌّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

المفردات

- المادة المحددة للتفاعل
- المواد الفائضة

المفاهيم الرئيسة

- المادة المحددة للتفاعل هي المادة التي تستنفد تمامًا في التفاعل. والمادة الفائضة هي المادة التي يبقى جزء منها بعد انتهاء التفاعل.
- ينبغي لتحديد المادة المحددة للتفاعل مقارنة النسبة المولية الفعلية للمواد المتفاعلة المتوافرة بالنسبة المولية لمعاملات المعادلة الموزونة.
- تعتمد الحسابات الكيميائية على المادة المحددة للتفاعل.

1-6 نسبة المردود المئوية

الفكرة الرئيسة نسبة المردود المئوية قياس لفاعلية التفاعل الكيميائي.

المفردات

- المردود الفعلي
- المردود النظري
- نسبة المردود المئوية

المفاهيم الرئيسة

- المردود النظري للتفاعل الكيميائي هو أكبر كمية من المادة الناتجة يمكن الحصول عليها من كميات معينة من المواد المتفاعلة، ويحسب بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.
- المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة التي يتم الحصول عليها عمليًّا من التفاعل.
- نسبة المردود المئوية هي نسبة المردود الفعلي إلى المردود النظري معبرًا عنها بالنسبة المئوية. إن نسبة المردود المئوية المرتفعة مهمةٌ في تقليل تكلفة كل مادة ناتجة عن العمليات الكيميائية.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100$$

1–1

إتقان المفاهيم

64. ما المقصود بالتركيب النسبي المئوي؟

65. ما المعلومات التي يجب أن يحصل عليها الكيميائي لتحديد الصيغة الأولية لمركب ما؟

66. ما المعلومات التي يجب توافرها للكيميائي ليحدد الصيغة الجزيئية لمركب؟

67. ما الفرق بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية؟ أعط أمثلة على ذلك.

68. متى تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها؟

69. هل كل العينات النقيّة لمركب معين لها التركيب النسبي المئوي نفسه ؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

70. **الحديد** هناك ثلاثة مركبات طبيعية للحديد، هي: البايريت FeS_2، والهيماتيت Fe_2O_3، والسيديرايت $FeCO_3$. أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟

71. احسب التركيب النسبي المئوي لكل مركب مما يأتي:

a. السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$.

b. الماجنتيت Fe_3O_4.

72. حدد الصيغة الأولية لكل مركب مما يأتي:

a. الإيثلين C_2H_4.

b. حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$.

c. النفثالين $C_{10}H_8$

73. ما الصيغة الأولية للمركب الذي يحتوي على 10.52 g Ni، و4.38 g C، و5.10 g N؟

1–2

إتقان المفاهيم

74. ما الملح المائي؟ وضح إجابتك بمثال.

75. وضح كيف تسمى الأملاح المائية؟

76. **المجفِّفات** لماذا توضع المجففات مع الأجهزة الإلكترونية في صناديق حفظها؟

77. اكتب صيغة كل ملح من الأملاح المائية الآتية:

a. كلوريد النيكل (II) سداسي الماء.

b. كربونات الماغنسيوم خماسية الماء.

إتقان حل المسائل

78. يحتوي **الجدول 3–1** على بيانات تجريبية لتحديد صيغة كلوريد الباريوم المائي. أكمل الجدول وحدد صيغته واسمه.

الجدول 3–1 بيانات $BaCl_2.xH_2O$

كتلة البوتقة الفارغة	21.30 g
كتلة الملح المائي + البوتقة	31.35 g
كتلة الملح المائي	
كتلة الملح + البوتقة بعد التسخين مدة 5 دقائق	29.87 g
كتلة الملح اللامائي	

79. تكوّن نترات الكروم (III) ملحًا مائيًّا يحتوي على 40.50% من كتلته ماء. ما الصيغة الكيميائية للمركب؟

80. حدّد التركيب النسبي المئوي لـ $MgCO_3 . 5H_2O$، ومثّل التركيب النسبي برسم بياني دائري.

81. سخنت عينة كتلتها 1.628 g من ملح يوديد الماغنسيوم المائي حتى تبخر الماء منها تمامًا، فأصبحت كتلتها 1.072 g بعد التسخين. ما صيغة الملح المائي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

1–3

إتقان المفاهيم

82. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟

83. ما العلاقات التي تستطيع أن تحددها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

84. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

85. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟

86. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

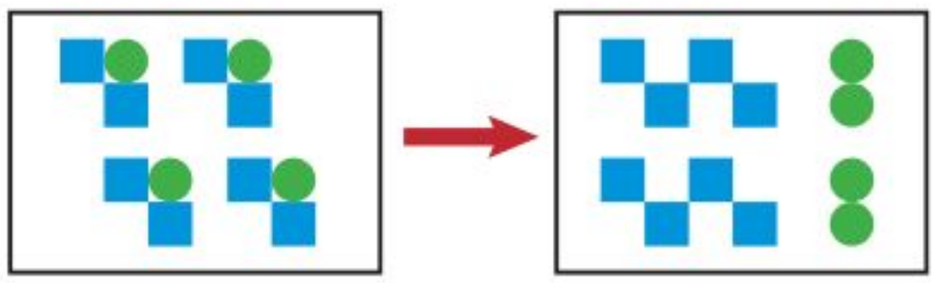
87. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

88. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \longrightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$

اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

89. يمثل **الشكل 17–1** معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام ابسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 17–1

إتقان حل المسائل

90. يتفاعل أكسيد القصدير (IV) مع الكربون وفق المعادلة:

$$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \longrightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$$

فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة.

91. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.

92. 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.

93. 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؟

$$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)} + \text{حرارة}$$

94. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي فلوريد السليكون و الماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبيّن كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

95. **الكروم** أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم $FeCr_2$.

$$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \longrightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$$

ما النسبة المولية التي تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

96. 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 $CaSO_4$.

97. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 4-1 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحدد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.

$$W + X \longrightarrow Y + Z$$

الجدول 4-1 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

98. مضاد الحموضة يُعد هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.

$$__\ Mg(OH)_2 + __\ HCl \longrightarrow __\ MgCl_2 + __\ H_2O$$

a. زن معادلة التفاعل.

b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة عن هذا التفاعل.

1–4

إتقان المفاهيم

99. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

100. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟

101. ما القانون الذي ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

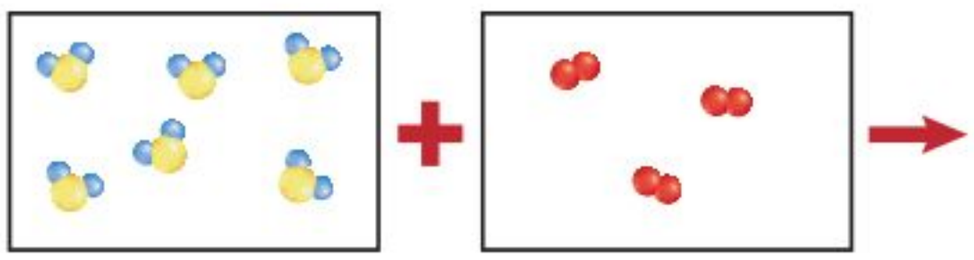
102. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟

103. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

104. يمثل كل صندوق في **الشكل 18-1** 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 الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 18-1

إتقان حل المسائل

105. الإيثانول يمكن تحضير الإيثانول C_2H_5OH، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

$$__\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow __\ C_2H_5OH + __\ CO_2$$

زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من تخمر 750 g من $C_6H_{12}O_6$

106. اللحام إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$$

107. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$ حسب المعادلات الآتية:

$$3\ NaHCO_{3(aq)} + H_3C_6H_5O_{7(aq)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + Na_3C_6H_5O_{7(aq)}$$

ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol $NaHCO_3$ ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

108. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهوينطلق إلى الهواء عند احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2.

109. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص(II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص(II) ومحلول نترات البوتاسيوم.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد كتلة كرومات الرصاص(II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

110. 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 معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

111. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g $CHCl_3$؟

112. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية. $4KO_2 + 2\,H_2O + 4\,CO_2 \longrightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$

أكمل الجدول 5-1.

الجدول 5 - 1 بيانات إنتاج الأكسجين

كتلة KO_2	كتلة H_2O	كتلة CO_2	كتلة $KH\,CO_3$	كتلة O_2
				380g

113. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

114. بطارية السيارة يُستخدم من 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 معادلة موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0 g رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.

115. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.

$$4Au_{(s)} + 8NaCN_{(aq)} + O_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow 4NaAu(CN)_{2(aq)} + 4NaOH_{(aq)}$$

a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.

b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

116. الأفلام تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذابًا في الجلاتين. 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 في ثيوكبريتات الصوديوم.

$$AgBr_{(s)} + 2Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_3Ag(S_2O_3)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$$

حدد كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ الناتجة عن إزالة 572.0 g من بروميد الفضة AgBr.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

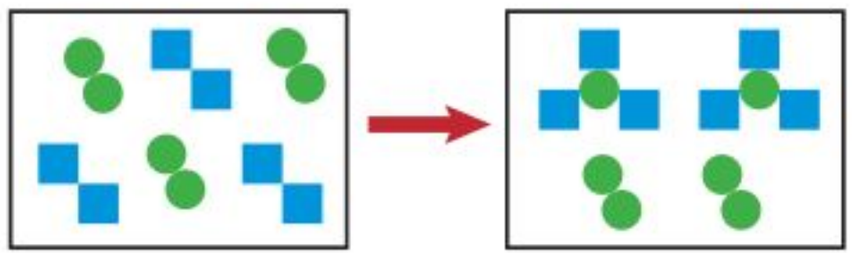
1–5

إتقان المفاهيم

117. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحددة للتفاعل؟

118. وضح لماذا تُعد العبارة الآتية غير صحيحة: (المادة المحددة للتفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقل).

119. تمثل المربعات في **الشكل 19–1** العنصر M، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 19–1

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

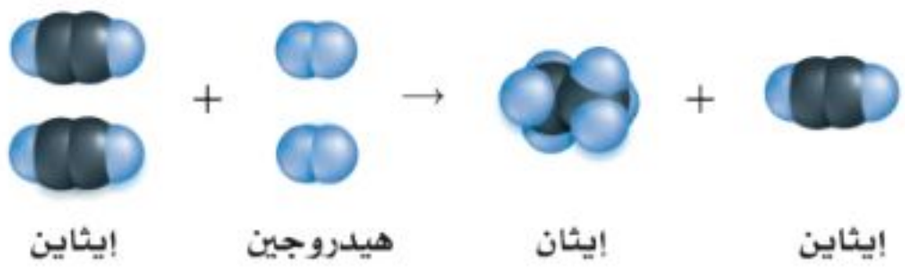
b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وتمثل كل دائرة 1mol N ، فما عدد مولات كل من N و M التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كل من العنصرين M وN التي لم تتفاعل؟

d. أي العنصرين مادة محددة للتفاعل؟ وأيهما مادة فائضة؟

إتقان حل المسائل

120. يوضح **الشكل 20–1** التفاعل بين الإيثاين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المُحدِّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



الشكل 20–1

121. بطارية نيكل – حديد اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل–حديد. وتمثل المعادلة الآتية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

$$Fe_{(s)} + 2NiO(OH)_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)} + 2Ni(OH)_{2(aq)}$$

ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8.0 mol NiO(OH)؟

122. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكون هو سابع فلوريد زينون سيزيوم $CsXeF_7$. ما عدد مولات $CsXeF_7$ التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سادس فلوريد الزينون.

$$CsF_{(s)} + XeF_{6(s)} \rightarrow CsXeF_{7(s)}$$

123. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجاريًّا من تفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد، بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe_2O_3 مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

124. ينتج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع الفوسفور P_4 الصلب خماسي. وعند تفاعل 16.0g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأي المادتين المتفاعلتين مُحدِّدة للتفاعل، وأيهما فائضة؟

125. البطارية القلوية تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة الآتية:

$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + Mn_2O_{3(s)}$$

a. ما المادة المُحدّدة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع 30.0 g MnO_2؟

b. حدد كتلة $Zn(OH)_2$ الناتجة من التفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

126. يتفاعل الليثيوم تلقائيًّا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم، اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

a. المادة المُحدِّدة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

1–6

إتقان المفاهيم

127. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

128. كيف يتم تحديد كل من المردود الفعلي والمردود النظري؟

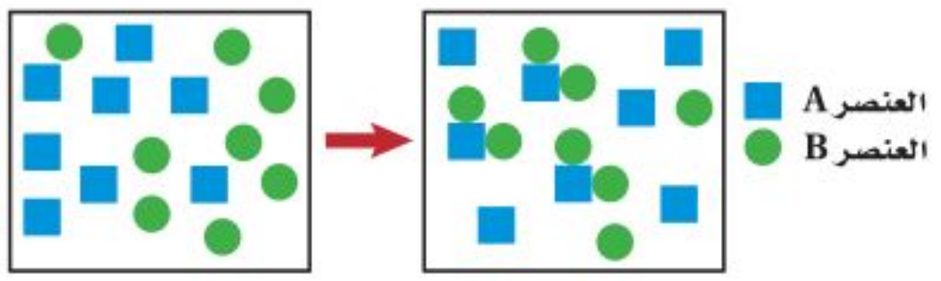
129. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

130. ما العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل الكيميائي؟

131. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كل من المردود النظري ونسبة المردود المئوية لأي تفاعل كيميائي؟

132. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء لينتج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المئوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

133. تفحص التفاعل الظاهر في **الشكل 21–1**. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 21–1

إتقان حل المسائل

134. الإيثانول (C_2H_5OH) ينتج عن تخمر السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ مع وجود الإنزيمات.

$$C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(g)} \rightarrow 4C_2H_5OH_{(l)} + 4CO_{2(g)}$$

حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تخمّر 684 g من السكروز وكان الناتج 349 g إيثانول.

135. يستخلص أكسيد الرصاص(II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص(II)، في الهواء.

$$PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2(g)}$$

a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ PbO إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS.

b. ما نسبة المردود المئوية إذا نتج 70.0 g من PbO؟

136. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة الآتية:

$$SiO_{2(s)} + 6HF_{(aq)} \rightarrow H_2SiF_{6(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتج 45.8 g من H_2SiF_6:

a. ما المادة المُحدِّدة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

137. تتحلل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند التسخين إلى أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2.

a. ما المردود النظري لـ CO_2 إذا تحلل 235.0 g من $CaCO_3$؟

b. ما نسبة المردود المئوية لـ CO_2 إذا نتج 97.5 g من CO_2؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

138. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$$

إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل **الجدول 6-1**، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 6-1 بيانات تفاعل الميثانول

الكتلة	8.50 g	
الكتلة المولية	28.01 g/mol	32.05 g/mol
عدد المولات		

139. **الفوسفور P_4** يُحضَّر تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، والرمل SiO_2، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:

$$2Ca_3(PO_4)_{2(s)} + 6SiO_{2(s)} \rightarrow 6CaSiO_{3(l)} + P_4O_{10(g)}$$

$$P_4O_{10(g)} + 10C_{(s)} \rightarrow P_{4(g)} + 10CO_{(g)}$$

يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $Ca_3(PO_4)_4$ و 400.0 g من SiO_2 معًا، و حدد نسبة المردود المئوية لـ P_4، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g) .

140. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقًا للمعادلة الموزونة الآتية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من MnO_2 مع 50.0 g من HCl، وكان المردود الفعلي لـ Cl_2 هو (20.0 g) .

مراجعة عامة

141. يحتوي مركب على 6.0 g كربون، و 1.0 g هيدروجين. وكتلته المولية 42.0 g/mol. ما التركيب النسبي المئوي للمركب؟وما صيغته الأولية؟وما صيغته الجزيئية؟

142. أيّ المركبات الآتية يحتوي على أعلى نسبة مئوية بالكتلة من الأكسجين؟ TiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3

143. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس CuS II ؟

144. عند تسخين أكسيد النحاسII مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II؟

145. **تلوث الهواء** يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

146. **التحليل الكهربائي** حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية لغاز الهيدروجين إذا تم تحليل 36.0 g من الماء كهربائيًّا لإنتاج 3.80 g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

التفكير الناقد

147. **حلّل واستنتج** تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟

148. **لاحظ واستنتج** حدد ما إذا كان أيٌّ من التفاعلات الآتية يعتمد على المادة المُحدِّدة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

a. تحـــلل كلـــورات البوتاســـيوم لإنتـــاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

b. تفاعل نترات الفضـــة مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الفضة وحمض النيتريك.

149. طبـق أجـــرى الطلاب تجربـــة لملاحظة المـــواد المُحدِّدة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلـــول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلًّا منها يحتوي على راســـب أرجواني. ســـكب الطلاب الســـائل الطـــافي مـــن كل كأس على حدة، وقسموه إلى قســـمين، ثم أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في **الجدول 7-1** على النحو الآتي:

جدول 7-1 بيانات تفاعل $Co(NO_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $Co(NO_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة $CO(NO_3)_2$
1	5.0 mL	10.0 mL	راسب أرجواني	لا يوجد راسب
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. حدد بناءً عـــلى النتائج، المادة المُحـــدِّدة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

150. صمـم تجربة لتحديد نســـبة المـــردود المئوية لكبريتات النحـــاس(II) اللامائيـــة من خلال تســـخين كبريتات النحاس(II) المائية لإزالة الماء.

151. طبق يمكنك إعادة اشـــعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريـــك الهواء الـــذي فوقهـــا. وضح، اعتـــمادًا على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

152. صمّـم تجربـة يمكن اســـتعمالها لتحديـــد كمية الماء في مركـــب الشـــب البوتـــاسي $KAl(SO_4)_2 \cdot XH_2O$.

مسألة تحفيز

153. مركبـــان كيميائيـــان يتكونـــان من العنصريـــن X و Y وصيغتاهما X_2Y_3 .XY. إذا علمت أنَّ كتلة 0.25 mol من المركـــب XY تســـاوي 17.96g، و0.25 mol من المركب X_2Y_3 تساوي 39.92g.

a. فما الكتلة الذرية لكل من X وY؟

b. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبين.

154. عند تسخين 9.59 g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكســـيد فانديوم آخر كتلته (8.76 g). وعند تعريض أكسيد الفانديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفانديوم الصلب.

a. حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسيدين.

b. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

155. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع منه في الشاي البارد. لذا فقد قررت أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من سرعة ذوبان الســـكر في الماء. فهل هذه العبارة فرضية أم نظرية؟

156. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر الآتية:

a. الفلور c. الألومنيوم

b. التيتانيوم d. الرادون

157. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

158. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

159. **الغاز الطبيعي** هيدرات الغاز الطبيعي هي مركبات كيميائية متبلورة (Clathrate hydrate). ابحث في هذه المركبات وأعدّ نشرة تعليمية عنها للمستهلكين. يجب أن تناقش هذه النشرة تركيب هذه المركبات، ومكان وجودها، وأهميتها للمستهلكين، والآثار البيئية لاستخدامها.

160. **تلوث الهواء** ابحث في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة، ناقش الملوثّات الشائعة والتفاعل الذي ينتجها، موضحًا باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

161. **عملية هابر** تعد نسبة المردود المئوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُمّمت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

أسئلة المستندات

162. يشتمل **الجدول 8–1** على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3,164,445 L من الأكسجين، والهيدروجين، وأحادي ميثيل الهيدرازين (الكتلة المولية = 46.07g/mol)، ورابع أكسيد ثنائي النيتروجين (الكتلة المولية= 92.00g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (727,233 Kg). أكمل الجدول بحساب عدد المولات، والكتلة بالكيلوجرام، وعدد الجزيئات.

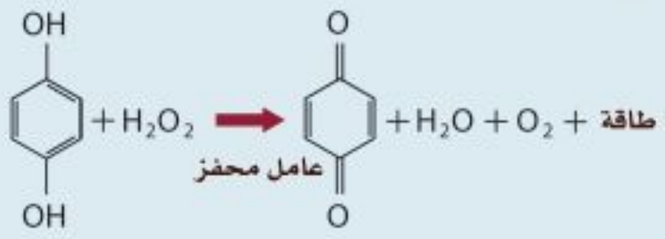
الجدول 8–1 بيانات وقود مكوك فضائي

المادة	الصيغة الجزيئية	الكتلة (Kg)	عدد المولات	عدد الجزيئات
الهيدروجين	H_2		5.14×10^7	
الأكسجين	O_2			1.16×10^{31}
أحادي ميثيل الهيدرازين	CH_3NHNH_2	4909		
رابع أكسيد ثنائي النيتروجين	N_2O_4		8.64×10^4	

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكونين $C_6H_4(OH)_2$.

وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلا كيميائيًّا طاردًا للحرارة ورذاذًا كيميائيًّا ساخنًا مهيجًا لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.

ويوضح **الشكل 22–1** المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 22–1

163. زن المعادلة الظاهرة في **الشكل 22–1**. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الهيدروكونين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأي المادتين محدِّدة للتفاعل؟

164. ما المادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالملجرام؟

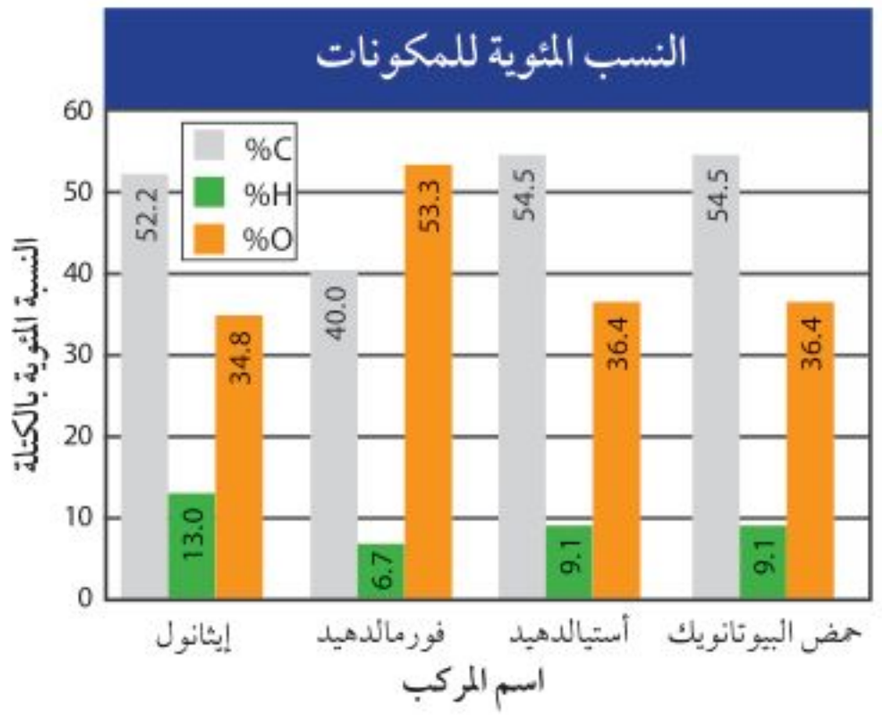
165. كم mg ينتج من البنزوكوينين؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 3.



1. إذا كانت الكتلـــة المولية لحمض البيوتانويك /88.1g mol، فما صيغته الجزيئية؟

   a. $C_3H_4O\ 3$ c. $C\ 5H\ 12O$

   b. $C\ 2H\ 4O$ d. $C_4H_8O_2$

2. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟

   a. $C\ 4HO\ 3$ c. $C\ 2H\ 6O$

   b. $C\ 2H\ 6O\ 2$ d. $C_4H_{13}O_2$

3. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها. فكم جرامًا يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

   a. 30.00 g c. 182.0 g

   b. 60.06 g d. 200.0 g

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 4.

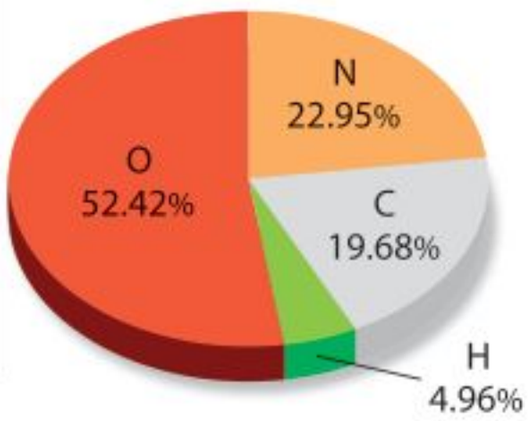
4. ما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

   a. $C_6H_2N_6O_3$

   b. $C_4HN_5O_{10}$

   c. CH_3NO_2

   d. CH_5NO_3

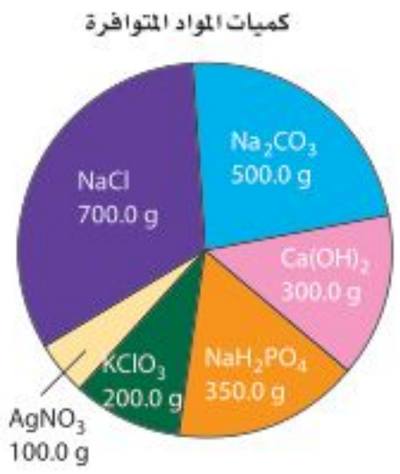


5. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

   a. النسب المولية الثابتة c. ثابت أفوجادرو

   b. قانون حفظ الطاقة d. قانون حفظ المادة

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.



6. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$$

ما كتلـــة فلز النحاس بالجرامـــات المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

a. 18.7g b. 37.3g c. 74 g d. 100.0 g

7. تعد طريقة لي بلانك 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 لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة.

a. 4.050 mol c. 4.720 mol

b. 8.097 mol d. 9.430 mol

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

8. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم $Na_2H_2P_2O_7$، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز– 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 كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من $Na_2H_2P_2O_7$ ، فكم جرامًا من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $Na_2H_2P_2O_7$؟

a. 0.000g
b. 130.0 g
c. 94.00 g
d. 480.0 g

9. يتحلل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:

$$2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

فإذا تحللت 3.55 mol من HgO لتكوين 1.54 mol من O_2 و618 g من Hg، فما نسبة المردود المئوية لهذا التفاعل؟

a. 13.2%
b. 56.6%
c. 42.5%
d. 86.8%

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و11.

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%

10. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب N_2O_3؟

a. 44.75%
b. 46.7%
c. 28.1%
d. 36.8%

11. تحتوي عينة من أكسيد النيتروجين على 1.29g من النيتروجين، و 3.71g من الأكسجين. أيّ الصيغ الآتية يحتمل أن تمثل المركب؟

a. N_2O_4
b. N_2O_3
c. N_2O
d. N_2O_5

12. 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

أسئلة الإجابات القصيرة

13. يشتعل $(CH_3)_2N_2H_2$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

$$(CH_3)_2N_2H_{2(l)} + 2\ N_2O_{4(l)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + 2CO_{2(g)}$$

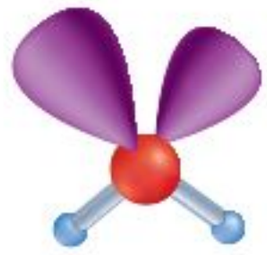
ولأن هذا التفاعل ينتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

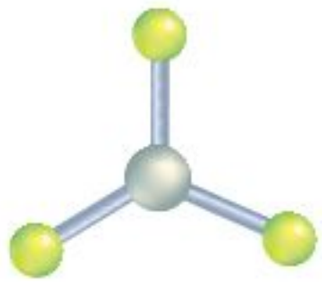
اختبار مقنن

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 14 إلى 18.

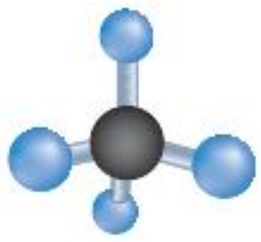
a.



b.

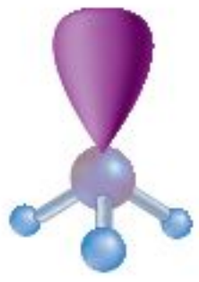


c.



d.

e.



14. أيّ الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟
15. أي الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟
16. أيّ الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟
17. أيّ الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟
18. أيّ الأشكال يمثل جزيئًا فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 19 و20.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة

العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
الماغنسيوم	12	736
الألومنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

19. مثّل البيانات السابقة بيانيًّا، وضع العدد الذري على المحور السيني.
20. وضّح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

الفصل 2

الإلكترونات في الذرات
Electrons in Atoms

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

الفكرة الرئيسة للضوء- وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي- طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

2-2 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسة تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يُحدَّد التوزيع الإلكتروني في الذرة من خلال ثلاث قواعد.

حقائق كيميائية

- يستخدم العلماء طيف الامتصاص النجمي لتعرف العناصر التي تتركب منها النجوم وتصنيفه ضمن أحد أنواع الطيف العديدة.
- ترتبط خواص طيف الامتصاص النجمي مع درجة حرارة سطح النجم.
- كشف الطيف النجمي أن النجوم تتكون من العناصر الموجودة على الأرض نفسها.
- يوجد 600 خط معتم تقريبًا في طيف الامتصاص الشمسي.

تجربة استهلالية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

إذا أُهدي إليك هديّة في علبة بمناسبة نجاحك، وحاولت أنّ تتوقع الهدية دون فتحها. فإنّ ما قمت به يشبه ما قام به الكيميائيون الأوائل لتحديد تركيب الذرة.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. احصل على صندوق مغلف من المعلم.
3. حاول أن تعرف ما بداخل الصندوق بكل طريقة ممكنة، دون إزالة الغلاف عن 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 آخر يوضِّح الصعوبات المرتبطة مع دراسة 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 طوليًّا، على أن 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 أجزاء.

خطوة 4 عنون الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: مبدأ أوفباو، مبدأ باولي، قاعدة هوند.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–2**، ولخص كل قاعدة تحت التبويب المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا القسم.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–1

الضوء وطاقة الكم
Light and Quantized Energy

الأهداف

- **تقارن** بين الطبيعة الموجيّة والجسيمية للضوء.
- **تعرّف** طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.
- **تقارن** بين الطيف الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

مراجعة المفردات

الإشعاع: هو الأشعة أو الجسيمات – ومنها جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وأشعة جاما – المنبعثة عن مادة مشعة.

المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي
الطول الموجيّ
التردّد
سعة الموجة
سرعة الموجة
الطيف الكهرومغناطيسي
الكمّ
ثابت بلانك
التأثير الكهروضوئي
الفوتون
طيف الانبعاث الذري

الفكرة الرئيسة **للضوء- وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي- طبيعة ثنائية: موجية وجسيمية.**

الربط مع الحياة هل قمت يومًا بتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم حزمٌ صغيرةٌ من الطاقة بتسخينه في وقت قصير.

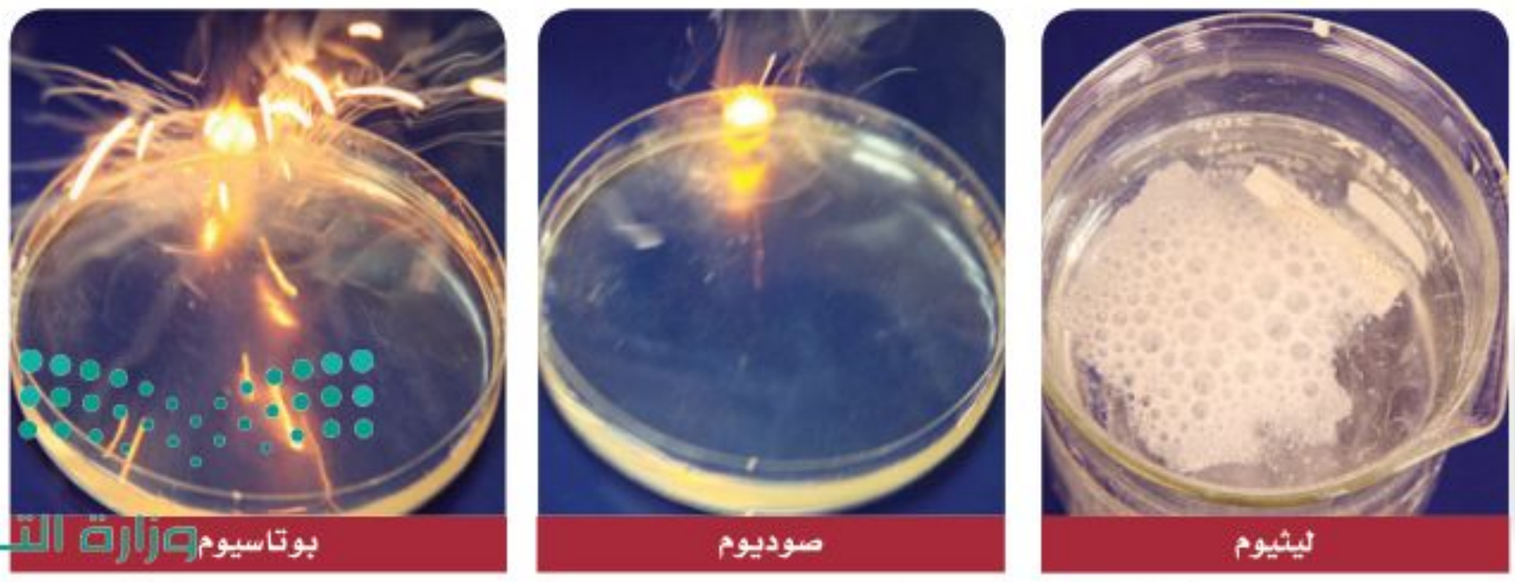
الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات
The Atom and Unanswered Questions

بعد اكتشاف الجسيمات الثلاثة المكوِّنة للذرة مع بداية القرن التاسع عشر، واصل العلماء جهودهم لفهم تركيب الذرة وتوزيع الإلكترونات داخلها.

اقترح رذرفورد أن شحنة نواة الذرة موجبة، وأنّ كتلة الذرة متركزة في النواة المحاطة بإلكترونات سريعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضًا سبب عدم انجذاب الإلكترونات السالبة الشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكّن العلماء من تفسير الاختلاف والتشابه في السلوك الكيميائي للعناصر المختلفة.

فعلى سبيل المثال، توجد عناصر الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم في دورات مختلفة من الجدول الدوري، ومع ذلك فخواصها الكيميائية متشابهة؛ فهي تظهر في صورة فلزات في الطبيعة، وتتفاعل ذراتها بشدة مع الماء مطلقة غاز الهيدروجين ولكنها تختلف في شدة تفاعلها، حيث يتفاعل كل من الصوديوم والبوتاسيوم بشدة مع الماء، كما في **الشكل 1–2**، حتى أن غاز الهيدروجين قد يشتعل عندئذ أو ينفجر.

في أوائل القرن التاسع عشر بدأ العلماء كشف لغز السلوك الكيميائي؛ إذ لاحظوا انبعاث ضوء مرئي من عناصر معينة عند تسخينها بواسطة اللهب. وأظهر تحليل هذا الضوء المنبعث ارتباط سلوك العنصر الكيميائي بتوزيع الإلكترونات في ذراته. ولفهم هذه العلاقة وطبيعة البناء الذري، سيكون من المفيد أولاً فهم طبيعة الضوء.



الشكل 1–2 للعناصر المختلفة تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

يُعدُّ الضوء المرئي نوعًا من **الإشـــعاع الكهرومغناطيسي**، وهو شـــكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء. ومن الأمثلة الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي الميكروويف الذي يســـتخدم في طهي الطعام، والأشعة السينية التي يستخدمها الأطباء لفحص العظام والأسنان، والموجات التي تحمل برامج المذياع والتلفاز إلى المنازل.

خصائص الموجات يمكن أن توصف الموجات جميعها بخصائص عدة، قد يكون بعضها مألوفًا لك. فعند رميك حجرًا في بركة ماء مثلًا تتكون موجات دائرية مركزها الحجر الذي رميته تشـــبه تلك التي تظهر في **الشكل 2a-2**.

الطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين، كما هو موضح في **الشكل 2b-2**. ويرمز له بالرمز اليوناني لمدا Lambda (λ)، ويقاس بالأمتار أو السنتمترات أو النانومترات ($1nm=1\times10^{-9}m$).

التردّد هو عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية، ويرمز له بالرمز f؛ ويقاس التردد بالهرتز Hz؛ وهو وحدة قياس عالمية تساوي موجة واحدة في الثانية. وفي الحسابات، يعبر عن التردد بوحدة موجة لكل ثانية ($1/s$) (s^{-1})، وعندما يعبّر عنه بهذه الطريقة، يتم فهم المقصود بالموجة. فعلى سبيل المثال:

$652\ Hz = 652$ موجة/ ثانية أو $652\ /s = 652\ s^{-1}$

$1Hz=1x10^{-3}KHz$

$1Hz=1x10^{-6}MHz$

تعلمت سابقًا أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في **الشكل 2b-2** بتحريك نهاية الحبل الحرة إلى أســـفل أو أعلى مسافة كبيرة. وتعرف **سعة الموجة** بأنها مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل. والطول الموجي والتردد لا يؤثران في سعة الموجة.

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية – ومنها الضوء المرئي – بسرعة ثابتة $3.00\times10^{8}\ m/s$ في الفراغ، وتعرف المســـافات التى تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها بـ **سرعة الموجة**، يرمز لسرعة الضوء بالرمز c، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تردده (f).

معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$c = \lambda f$$

حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

λ الطول الموجي.

f التردد.

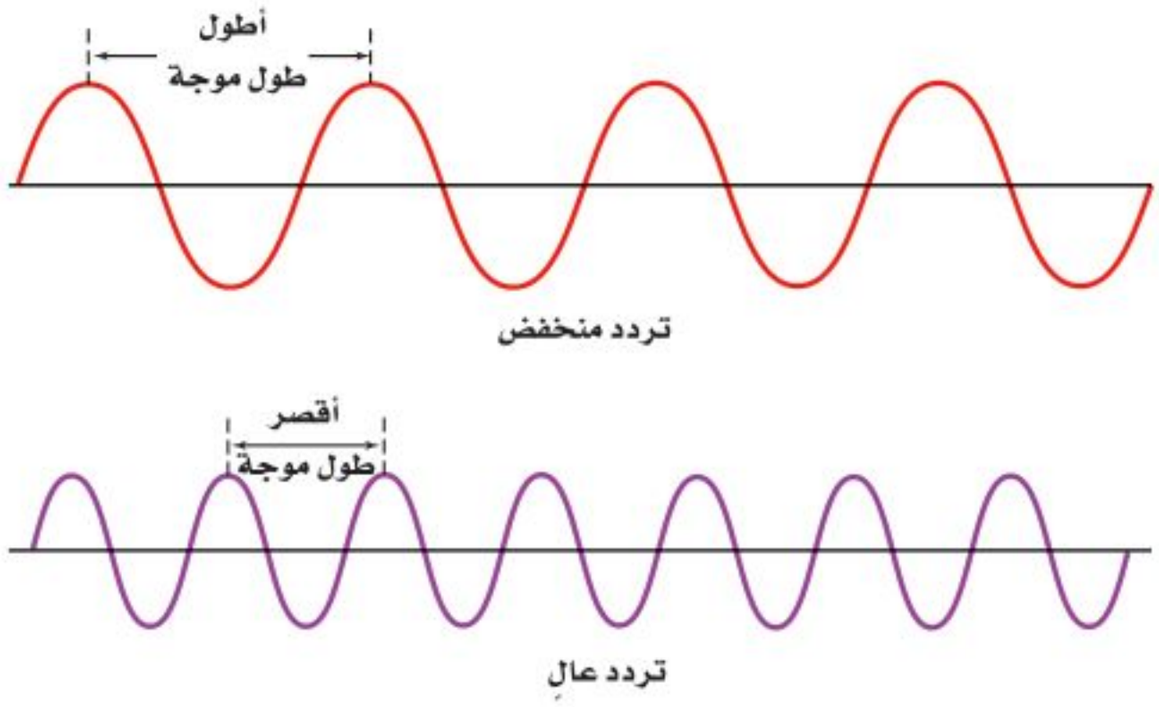
سرعة الضوء في الفراغ تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.

الشكل 2-2 a. تُظهر الموجات المائية المتحدةُ المركزِ الصفات المميزة لكل الموجات.

b. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسة للموجات.

حدّد من الصورة، قمة، وقاعًا، وطولًا موجيًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 3–2 توضح هذه الموجات العلاقة بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلّ التردد.

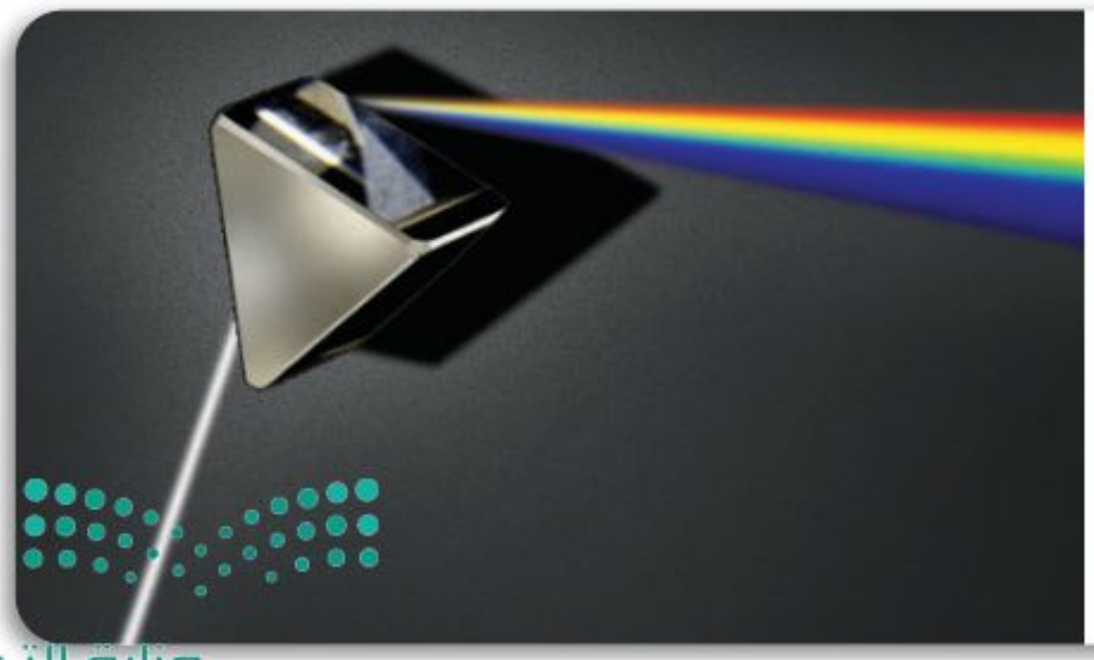
استنتج هل يؤثر التردد والطول الموجي في سعة الموجة؟

على الرغم من تساوي سرعة الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الفراغ إلا أنه قد يكون للموجات أطوال موجات وترددات مختلفة. وكما ترى من المعادلة في الصفحة السابقة، فإن الطول الموجي والتردد يتناسبان عكسيًّا أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحوٍ أفضل، تفحّص الموجتين المرسومتين في **الشكل 3-2**. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تنتقلان بسرعة الضوء إلاّ أنك تستطيع ملاحظة أن الموجة الحمراء لها طول موجة أكبر وتردد أقل من الموجة البنفسجية.

الطيف الكهرومغناطيسي يحتوي ضوء الشمس – وهو مثال على الضوء الأبيض– على مَدًى متصل من أطوال الموجات والترددات. وعند مرور الضوء الأبيض من خلال المنشور ينفصل إلى طيف متصل من الألوان يشبه الطيف المبين في **الشكل 4-2**، وهذه هي ألوان الطيف المرئي، المسمى بالطيف المستمر؛ وذلك لأن كل نقطة فيه تتوافق مع طول موجة وتردد مميزين. وقد تكون ألوانُ هذا الطيف مألوفة لديك، فإذا كنت قد رأيت قوس المطر من قبل فقد رأيت الألوان المرئية كلها مرة واحدة. ويتشكل قوس المطر عندما تشتت قطرات الماء الصغيرة الموجودة في الهواء ضوءَ الشمس الأبيض إلى ألوانه؛ إذ يتشكل الطيف في صورة قوس في السماء.

مهن في الكيمياء

محلّلو الطيف تحليل الطيف هو دراسة الطيف الممتص أو المنبعث من المادة. وبما أن لكل عنصر طيف مميزٌ وفريد من نوعه ويشبه بصمة الإصبع، لذا يستخدم علماء الفيزياء الفلكية التحليل الطيفي للكشف عن مكوّنات بعض النجوم مثل الشمس. ويُظهر طيف الامتصاص النجمي خطوطًا معتمة كثيرة، تُمكّن محلّلي الطيف من تعرف العناصر الموجودة في النجم.



الشكل 4–2 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوّناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.

يظهر الطيف المرئي للضوء، في **الشكل 4–2**، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في **الشكل 5–2**. ويشتمل **الطيف الكهرومغناطيسي**، على أشكال الإشـعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسـلة من الموجات المتصلة التي تسـير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطـول الموجي فقط، ويظهر **الشـكل 4–2** اختلاف زاوية ميل الإشـعاع باختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور، مما ينتج عنه سلسلة من الألوان (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي وبنفسـجي). كما نلاحظ عند دراسة طاقة الإشعاع المبينة في **الشكل 5–2**، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وبناءً على ذلك، يُظهر **الشـكل 3–2** أن تردد الضوء البنفسجي أكبر. وعليه فإن طاقته أكبر من الضوء الأحمر. وستدرس لاحقًا العلاقة بين التردد والطاقة.

يمكنك استخدام المعادلة $c = \lambda f$ لحسـاب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تنتقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وتردده.

الربط مع الفيزياء تتعرض أجسامنا للإشعاع الكهرومغناطيسي من مصادر متنوعة. فبالإضافة إلى الإشعاع الصادر من الشـمس، ينتج عن النشاطات الإنسانية إشعاعات تشمل موجات الراديو والتلفزيون، ومحطات تقوية الهاتف، والمصابيح، ومعدات الأشعة السينية الطبية، كما تساهم المصادر الطبيعية على الأرض مثل البرق، والنشاط الإشعاعي الطبيعي في ذلـك. وتعتمد معرفة الكون على الإشـعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام البعيدة كالنجوم التي تُرصد بأجهزة متخصصة على الأرض.

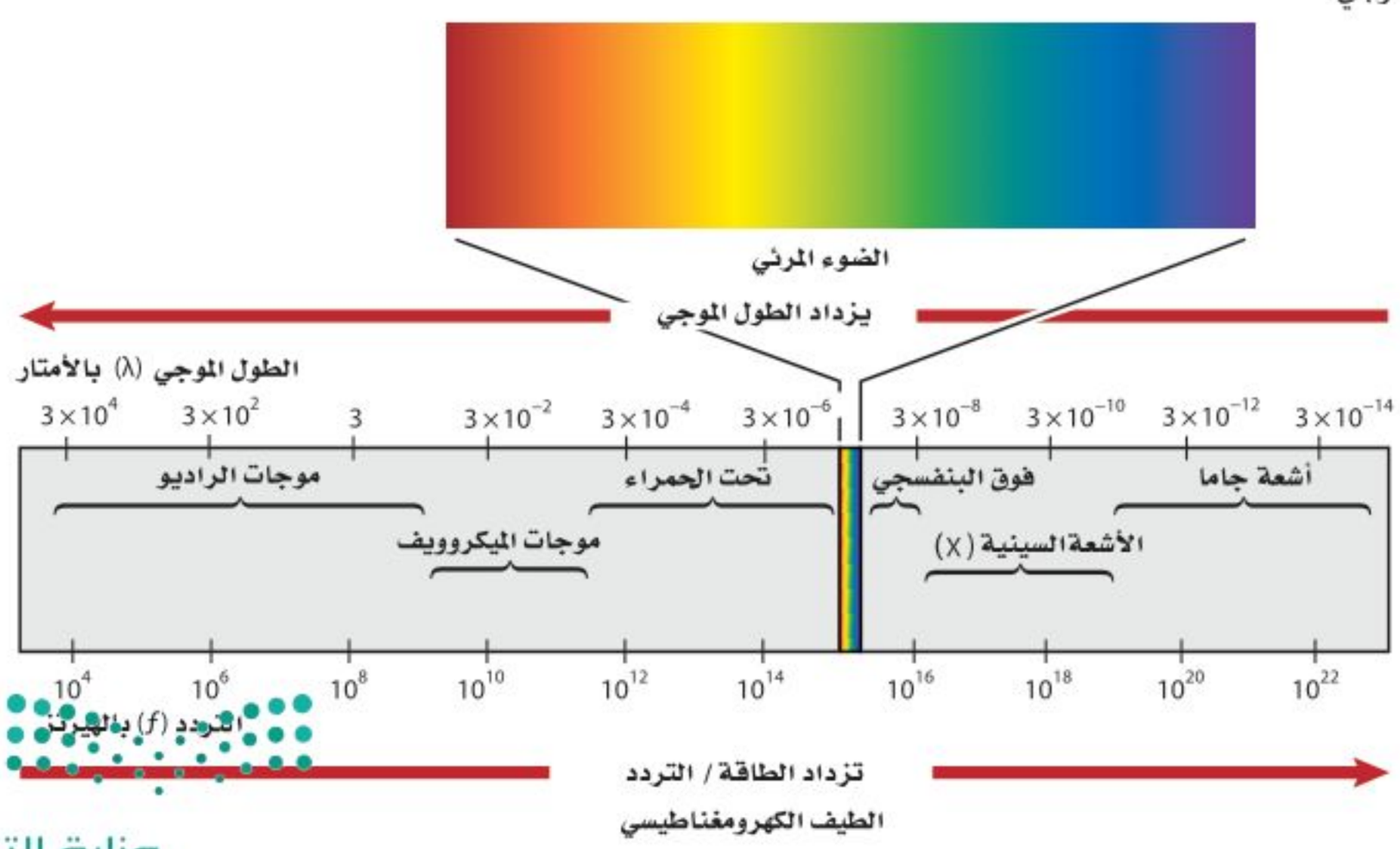
مُنح البروفيسور مصطفى عمرو السيد جائزة الملك فيصل / فرع العلوم عام 1410هـ لأنه برع وكان من ألمع الكيميائيين الفيزيائيين المعاصرين، وله بحوث وضعته في الصَّف الأول من العاملين بالدراسات الطيفية.

ومن الممكن أن تؤدي دراساته في مجال الطاقة الضوئية إلى نتائج عملية مفيدة للإنسان في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية.

ولقد سُميَت بعض قواعد التفاعلات التي اكتشفها باسمه، فيقال عنها قواعد السيد.

* المصدر: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/

الشـكل 5–2 يشـمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات، ويشـكّل جزء الطيف المرئي منه حيزًا ضيقًا جدًّا. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



مثال 2-1

حساب الطول الموجي لموجة كهرومغناطيسية تستخدم موجات الميكروويف في طهي الطعام، ونقل المعلومات. فما الطول الموجي لموجات الميكروويف التي ترددها $3.44 \times 10^{9}\ \text{Hz}$؟

1 تحليل المسألة

تردد موجة الميكروويف معطى. وتعرف أيضًا أن موجات الميكروويف هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يرتبط كل من سرعته وتردده وطول موجته مع المعادلة $c = \lambda f$؛ حيث قيمة c معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

المعطيات

$f = 3.44 \times 10^{9}\ \text{Hz}$

$c = 3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}$

المطلوب

$\lambda = ?\ \text{m}$

2 حساب المطلوب

حل المعادلة التي تربط بين السرعة والتردد والطول الموجي للموجة الكهرومغناطيسية للحصول على الطول الموجي (λ).

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$c = \lambda f$$

حل لإيجاد λ

$$\lambda = c / f$$

عوض قيم $c = 3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}$ ، و $\nu = 3.44 \times 10^{9}\ \text{Hz}$

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}}{3.44 \times 10^{9}\ \text{Hz}}$$

لاحظ أن الهرتز يساوي $1/\text{s}$ أو s^{-1}

اقسم الأرقام والوحدات

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^{8}\ \text{m}/\cancel{\text{s}}}{3.44 \times 10^{9}\ \cancel{\text{s}^{-1}}}$$

$$\lambda = 8.72 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

3 تقويم الإجابة

الإجابة معبر عنها بوحدات صحيحة للطول الموجي (m). وكلتا القيمتين المعروفتين في المسألة معبر عنها بثلاثة أرقام معنوية، لذا، يجب أن تحتوي الإجابة على ثلاثة أرقام معنوية، وهي كذلك. وقيمة الطول الموجي ضمن نطاق الطول الموجي للميكروويف المبين في **الشكل 5-2**.

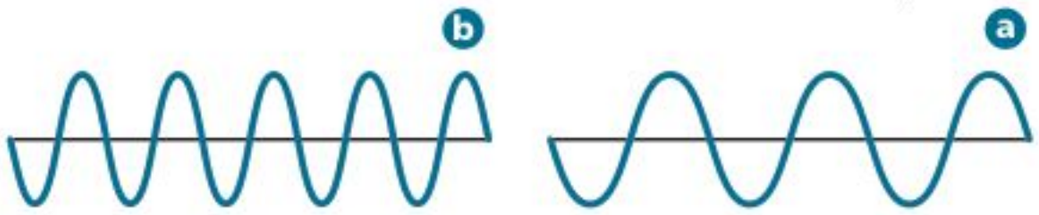
مسائل تدريبية

64. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي $4.90 \times 10^{-7}\ \text{m}$. فما تردد موجة هذا الضوء؟

65. يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم وتستعمل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي $1.15 \times 10^{-10}\ \text{m}$؟

66. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^{2}\ \text{Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟

67. **تحفيز:** تذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz ، في حين تذيع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

على الرغم من أن اعتبار الضوء موجة يفسر الكثير من سلوكه إلا أن هذه الحقيقة قد فشلت في تفسير الكثير من صفات الضوء التي تبين أنه مادة؛ إذ لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسير لماذا تطلق الأجسام الساخنة فقط ترددات محددة من الضوء عند درجات حرارة معينة، أو لماذا تطلق بعض الفلزات إلكترونات عندما يسقط عليها ضوء ذو تردد معين. لذا أدرك العلماء الحاجة إلى بناء نموذج جديد، أو مراجعة النموذج الموجي للضوء لمعالجة هذه الظواهر.

مفهوم الكم تشع الأجسام ضوءًا عند تسخينها، انظر **الشكل 6-2** الذي يوضح هذه الظاهرة؛ إذ تبدو قطعة الحديد رمادية داكنة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها تتوهج باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تتحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سخنت أكثر. وسوف تتعلم أنَّ درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألوانًا مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

لم يستطع النموذج الموجي تفسير انبعاث هذه الأطوال الموجية المختلفة. وفي عام 1900م بدأ الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (1858 – 1947م) البحث عن هذه الظاهرة عندما كان يدرس الضوء المنبعث من الأجسام الساخنة. وقادته هذه الدراسة إلى استنتاج مدهش وهو: أنه يمكن للمادة أن تكتسب أو تخسر طاقة على دفعات بكمية صغيرة محددة تُسمى الكم. والكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا يتغير لون الأجسام الساخنة تبعًا لدرجة حرارتها؟

أدت الخبرة السابقة بالعلماء إلى الاعتقاد أنه يمكن أن تُمتص الطاقة أو تُبعث في كميات متغيرة وباستمرار دون حد أدنى لهذه الكمية. فعلى سبيل المثال، فكِّر في عملية تسخين شريحة من الخبز داخل فرن الميكروويف، فقد يبدو لك أنك تستطيع إضافة أي كمية من الطاقة الحرارية إلى شريحة الخبز عن طريق التحكم في القوة والفترة الزمنية للفرن. والحقيقة أن درجة الحرارة تزداد بكميات صغيرة متواصلة عندما تمتص جزيئاتها كمًّا محددًا من الطاقة. ولأن عملية ازدياد درجة الحرارة تحدث تدريجيًّا ببطء لذا تبدو الزيادة في درجة الحرارة وكأنها مستمرة بدلاً من حدوثها على دفعات صغيرة.

المفردات

المفردات الأكاديمية

الظاهرة حقيقة أو حدث قابل للملاحظة.

خلال العواصف المطرية، تمر عادة التيارات الكهربائية من الغيوم إلى الأرض أو بين الغيوم نفسها – وهذه ظاهرة تُدعى البرق.

الشكل 6-2 يعتمد طول موجة الضوء المنبعث من فلز ساخن، مثل الحديد الموجود عن اليمين، على درجة الحرارة. فالحديد رمادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاج.

فسّر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اقترح بلانك أن الطاقة المنبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّاة، ثم أثبت رياضيًّا وجود علاقة بين طاقة الكم وتردد الإشعاع المنبعث.

طاقة الكم

$$E_{quantum} = h f$$

حيث E طاقة الكم

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

ثابت بلانك يساوي 6.626×10^{-34} J.s حيث J رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردده f.

واعتمادًا على نظرية بلانك لكل تردد معين، فإن المادة تشع أو تمتص طاقة بمضاعفات صحيحة لقيم hf، مثل $1hf$، $2hf$، $3hf$ وما إلى ذلك. وتشبه هذه العملية بناء طفل لجدار من المكعبات الخشبية. إذ يستطيع الطفل أن يزيد أو ينقص من ارتفاع الجدار، بوضع أو إزالة عدد من المكعبات. وبالمثل تمتلك المادة مقادير محددة وثابتة من طاقة الكم – لا يوجد بينها كميات أخرى من الطاقة.

التأثير الكهروضوئي توصّل العلماء إلى أن النموذج الموجي للضوء لم يكن قادرًا على تفسير الظاهرة المسماة بالتأثير الكهروضوئي.

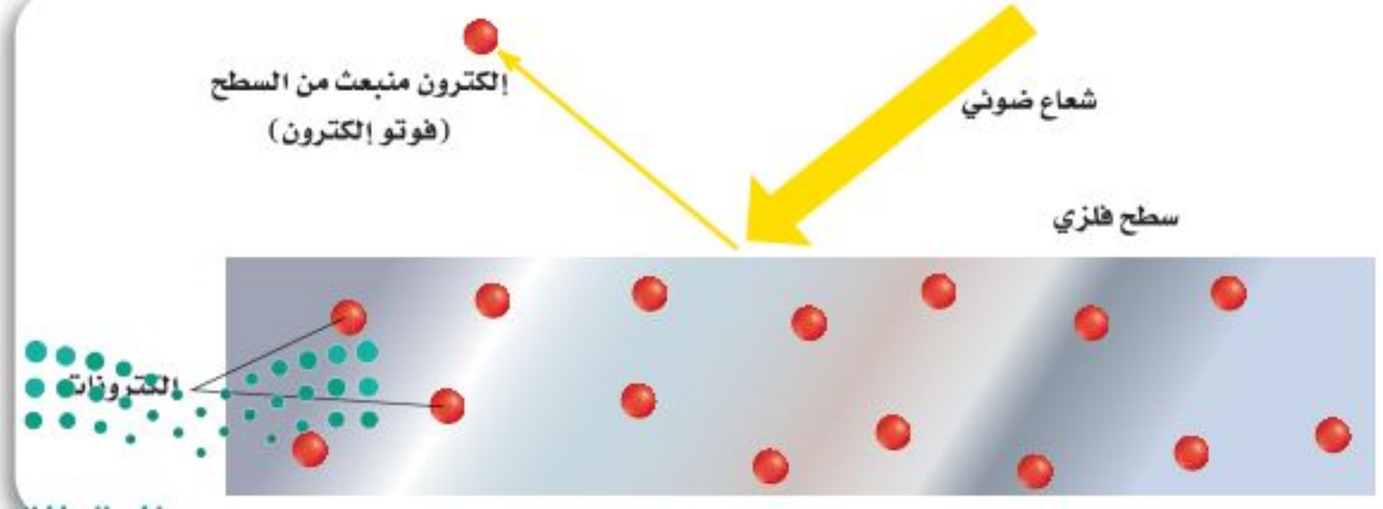
وفي **التأثير الكهروضوئي**، تنبعث الإلكترونات المسماة الفوتوإلكترونات من سطح الفلز عندما يسقط عليه ضوء بتردد مساوٍ لتردد الفوتون، أو أعلى منه، على سطح الفلز، كما في **الشكل 7–2**. ويتنبأ النموذج الموجي، أنه حتى الضوء المنخفض الطاقة، والمنخفض التردد سوف يتراكم ويوفر الطاقة اللازمة لإطلاق الفوتوإلكترونات من فلز ما مع مرور الوقت. وفي الحقيقة، لن يطلق الفلز الفوتوإلكترونات إذا كان الضوء الساقط عليه ذا تردد أقل من التردد اللازم لإطلاق الفوتوإلكترون. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للضوء الأقل ترددًا من 1.14×10^{15} Hz إطلاق الفوتو إلكترونات من فلز الفضة مهما كانت شدته أو زمن تأثيره. إلا أن الضوء الباهت الذي تردده يساوي 1.14×10^{15} Hz أو أكبر من ذلك يطلق الفوتوإلكترونات من فلز الفضة.

ماذا قرأت؟ **صف** التأثير الكهروضوئي.

الكيمياء في واقع الحياة

الطاقة الشمسية

الخلايا الكهروضوئية تستعمل الخلايا الكهروضوئية التأثير الكهروضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.



الشكل 7–2 يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الطبيعة الثنائية للضوء افترض ألبرت أينشتاين في عام 1905م لتوضيح التأثير الكهروضوئي أن الضوء له طبيعة ثنائية؛ فلحزمة الضوء خواص موجية، وأخرى مادية. ويمكن القول إنه حزمة أشعة من الطاقة تُسمى الفوتونات. و**الفوتون** جُسيم لا كتلة له يحمل كمًّا من الطاقة. واستكمالاً لفكرة بلانك عن طاقة الكم، وجد أينشتاين أن طاقة الفوتون تعتمد على تردده.

طاقة الفوتون

$$E_{photon} = h f$$

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

وكما اقترح أينشتاين أيضًا أنّ لكل فوتون حدًّا معينًّا من الطاقة يؤدي إلى إطلاق الفوتو إلكترون من سطح الفلز. وبناءً على ذلك، فإن الأعداد الصغيرة من الفوتونات التي لها طاقة أعلى من "الحد المعين"، الذي أشار إليه أينشتاين، سوف يتسبب في التأثير الكهروضوئي وإطلاق الفوتو إلكترون. هذا وقد فاز أينشتاين بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1921م لقيامه بهذا البحث.

مثال 2-2

احسب طاقة الفوتون يحصل كل جسم على لونه عن طريق عكس جزء معين من الضوء الساقط عليه. ويعتمد اللون على طول موجة الفوتونات المنعكسة، ثم على طاقتها. ما طاقة فوتون الجزء البنفسجي لضوء الشمس إذا كان تردده $7.230 \times 10^{14}\ s^{-1}$؟

1 تحليل المسألة

المعطيات

$f = 7.230 \times 10^{14}\ s^{-1}$

$h = 6.626 \times 10^{-34}\ J.s$

المطلوب

$E_{photon} = ?\ J$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

$$E_{photon} = h f$$

عوض $f = 7.230 \times 10^{14}\ s^{-1}$ و $h = 6.626 \times 10^{-34}\ J.s$

$$E_{photon} = (6.626 \times 10^{-34}\ J.s)(7.230 \times 10^{14}\ s^{-1})$$

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسمها

$$E_{photon} = 4.791 \times 10^{-19}\ J$$

3 تقويم الإجابة

إن طاقة الفوتون الواحد من الضوء صغيرة للغاية كما هو متوقع. ووحدة الطاقة هي الجول، وهناك أربعة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

68. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية الآتية:

a. $6.32 \times 10^{20}\ s^{-1}$ **b.** $9.50 \times 10^{13}\ Hz$ **c.** $1.05 \times 10^{16}\ s^{-1}$

69. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي 0.125 m لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

70. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخَّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريبًا، يشع لونًا أزرق ذا طول موجي $4.50 \times 10^{2}\ nm$. ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

طيف الانبعاث الذري
Atomic Emission Spectra

هل تساءلت كيف ينشأ الضوء في مصابيح النيون المتوهجة؟ هذه العملية ظاهرة أخرى لا يمكن تفسيرها بواسطة النموذج الموجي للضوء. ينتج ضوء النيون عند مـــرور الكهرباء في أنبوب مليء بغاز النيون، حيث تمتص ذرات النيون الطاقة، وتنتقل إلى حالة عدم الاستقرار (إثارة). وحتى تعود إلى حالة الاستقرار ينبغي أن تبعث الضوء لكي تطلق الطاقة التي امتصتها. وعند مرور ضوء النيون من خلال منشور زجاجي ينتج عن ذلك طيف الانبعاث الذري للنيون.

طيـــف الانبعـــاث الذري لعنـــصر ما هـــو مجموعة مـــن تـــرددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر. ويتكون طيف الانبعاث الذري للنيون من عدة خطوط منفصلة من الألوان مرتبطة مع ترددات الإشعاع المنبعثة مـــن ذرات النيون، وهو ليس مدًى متصلاً من الألوان، كما هو الحال في الطيف المرئي للضوء الأبيض.

ماذا قرأت؟ وضح كيف ينتج طيف الانبعاث؟

لكل عنصر طيف انبعاث ذري فريد ومميز يستخدم لتعرّف العنصر أو تحديد ما إذا كان ذلك العنصر جزءًا من مركب. فعلى ســـبيل المثال، عندما يغمس سلك بلاتين في محلول نترات الاسترانشـــيوم ويعرض عـــلى لهب بنزن، تبعث ذرات الاسترونشـــيوم لونًا أحمر مميزًا. ويمكنك إجراء اختبـــار لون اللهب هذا على مجموعة من العناصر في المختبر.

يوضح **الشكل 8–2** التوهج الأرجواني – الزهري المميز الناتج عن تهيج ذرات الهيدروجين، والذي ينتج عند مروره بمنشـــور خطوط الطيف الأربعة المميزة لعنصر الهيدروجين. لاحظ اختلاف الطبيعة الخطية لطيف انبعاث الهيدروجين الذري عن طبيعة الطيف المستمر.

الربط مع علم الفلك طيـــف الانبعاث الـــذري مميز للعنـــصر، ويمكن اســـتخدامه لتعرف ذلك العنصر. وإن حقيقة ظهور ألوان معينة فقط في طيف الانبعاث الـــذري للعنصر يعني انبعـــاث ترددات محددة مـــن الضوء. ولأن

تجربة

تحديد ماهية المركبات

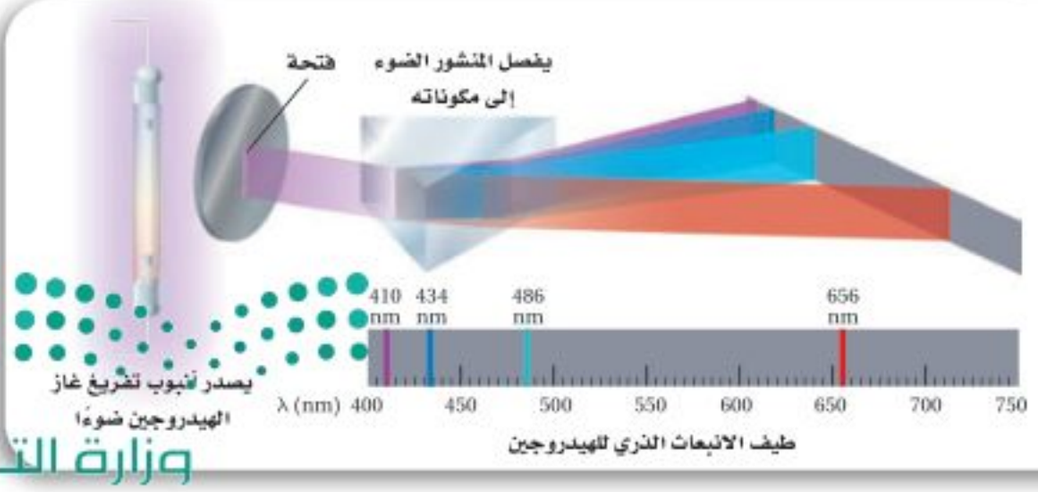
كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اغمس سلك بلاتين أو أحد أعواد تنظيف الأذن القطنية (بعد مسكه بالملقط) الستة في محلول **كلوريد الليثيوم**، ثم عرضه للهب بنزن، ولاحظ لون اللهب، وسجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
3. كرر الخطوة 2 مستخدمًا محاليل الفلزات الآتية: **كلوريد الصوديوم، كلوريد البوتاسيوم، كلوريد الكالسيوم، كلوريد الاسترانشيوم**، وسجل لون كل لهب في جدول البيانات.
4. قارن نتائج اختبار لون اللهب بما في كتيب العناصر في نهاية الكتاب.
5. كرر الخطوة 2 مستخدمًا عينة من **محلول مجهول** يزودك بها المعلم، ثم سجل لون اللهب الناتج.
6. تخلص من عيدان القطن المستعملة كما يرشدك المعلم.

التحليل

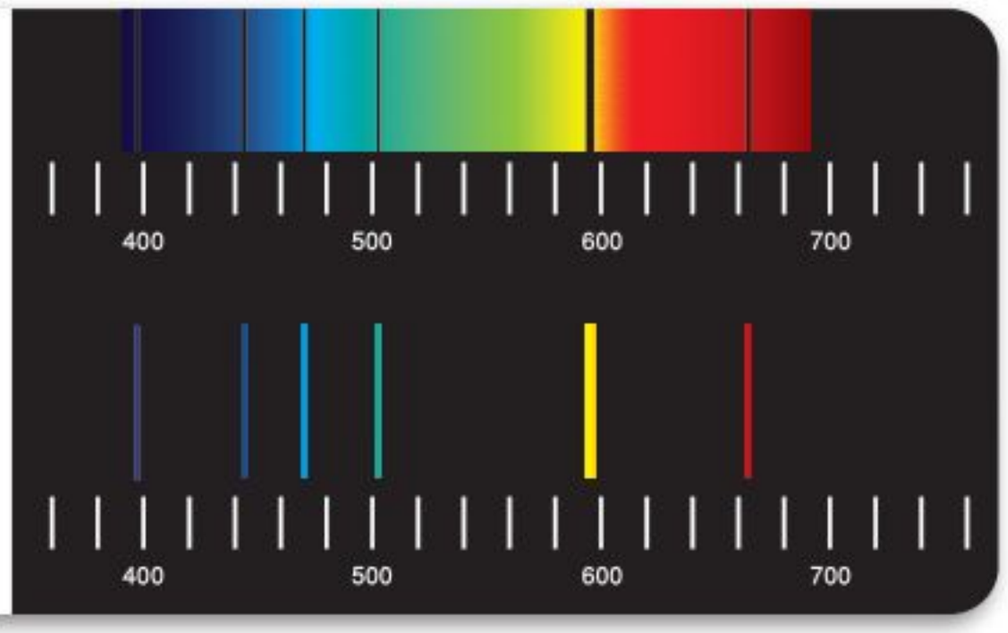
7. **اقترح** سبب إعطاء كل مركب لونًا مختلفًا للهب بنزن على الرغم من احتوائها جميعًا على الكلوريد.
8. **وضح** كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟
9. **استنتج** هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.



الشكل 8–2 يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال موجية مختلفة.

حدّد أي خط له أعلى طاقة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 9–2 الطيف الأول: طيف امتصاص، يتألف من خطوط سوداء فوق طيف مستمر. وترتبط الخطوط السوداء مع ترددات معينة يمتصها عنصر محدد، هو الهيليوم في هذه الحالة. ويمكن مطابقتها بالخطوط الملونة في طيف انبعاث الهيليوم المبين أسفل طيف الامتصاص.

هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقًا للمعادلة $E_{photon} = hf$ ، لذا تنبعث الفوتوإلكترونات ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تمتص العناصر ترددات محددة من الضوء فيتكوّن طيف الامتصاص. وتظهر الترددات الممتصة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في **الشكل 9–2**. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

تجربة عملية

اختبار اللهب

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

التقويم 2-1

الخلاصة

- تحدد الموجات كلها بالطول الموجي، التردد، السعة، والسرعة.
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بسرعة الضوء في الفراغ.
- للموجات الكهرومغناطيسية كلها خواص موجية ومادية.
- تبعث المادة الطاقة وتمتصها بكمّات محددة.
- ينتج الضوء الأبيض طيفًا مستمرًّا. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملوّنة ومنفصلة.

8. الفكرة الرئيسة **قارن** بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
9. **صف** الظاهرة التي يمكن أن تُفسَّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
10. **قارن** بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
11. **قوّم** استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
12. **ناقش** الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
13. **تفسير الرسوم العلمية**. استعن **بالشكل 5–2** وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

1. أطول طول موجي	**a**. إشعاع جاما
2. أعلى تردد	**b**. موجة تحت الحمراء
3. أعلى طاقة	**c**. موجات الراديو

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–2

نظرية الكم والذرة

Quantum Theory and the Atom

الأهداف

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

حالة الاستقرار
حالة الإثارة
العدد الكمي
مبدأ الشك لهايزنبرج
النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
المستوى
العدد الكمي الرئيس
مستوى الطاقة الرئيس
مستوى الطاقة الثانوي

الفكرة الرئيسة **تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.**

الربط مع الحياة تصور أنك ترتقي سلمًا، هل تستطيع الوقوف بين درجاته بكلتا رجليك؟ إنك لا تستطيع فعل ذلك؛ لأنك لا تقدر على الوقوف في الهواء. وهذا يشبه ما تقوم به الإلكترونات في مستويات الطاقة في الذرات.

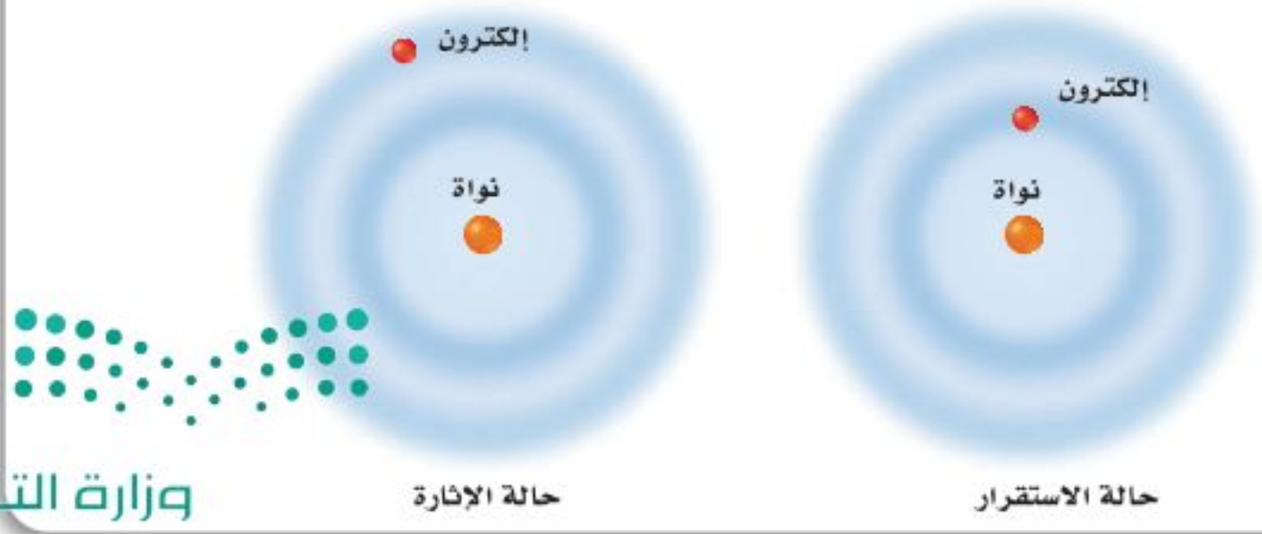
نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

فسَّر نموذج الطبيعة الموجية – الجسيمية للضوء العديدَ من الظواهر المتخصصة، ولكن بقي العلماء غير قادرين على فهم العلاقات بين البناء الذري، والإلكترونات، وطيف الانبعاث الذري. تذكر مما سبق أن طيف الانبعاث الذري للهيدروجين منفصلٍ؛ أي يتكون من ترددات محددة من الضوء. لماذا يكون طيف الانبعاث الذري للعناصر منفصلًا وليس متصلًا؟

طاقة ذرة الهيدروجين استفاد العالم نيلز بور من أفكار العالمين بلانك وأينشتاين، واقترح أن لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة يسمح للإلكترونات أن توجد فيها. وتسمى الحالة التي تكون إلكترونات الذرة فيها أدنى طاقةٍ **حالة الاستقرار** أما عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة فتصبح في **حالة إثارة**.

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 طاقته أو قلّ مستوى الطاقة. وعلى العكس من ذلك، 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 **10–2** يوضح أفكار العالم بور.

الشكل 10–2 يوضح ذرة تحتوي على إلكترون واحد ، يوجد في حالته المستقرة في المستوى الأقل طاقة، وعندما تكون الذرة في حالة إثارة يكون الإلكترون في مستوى طاقة أعلى.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

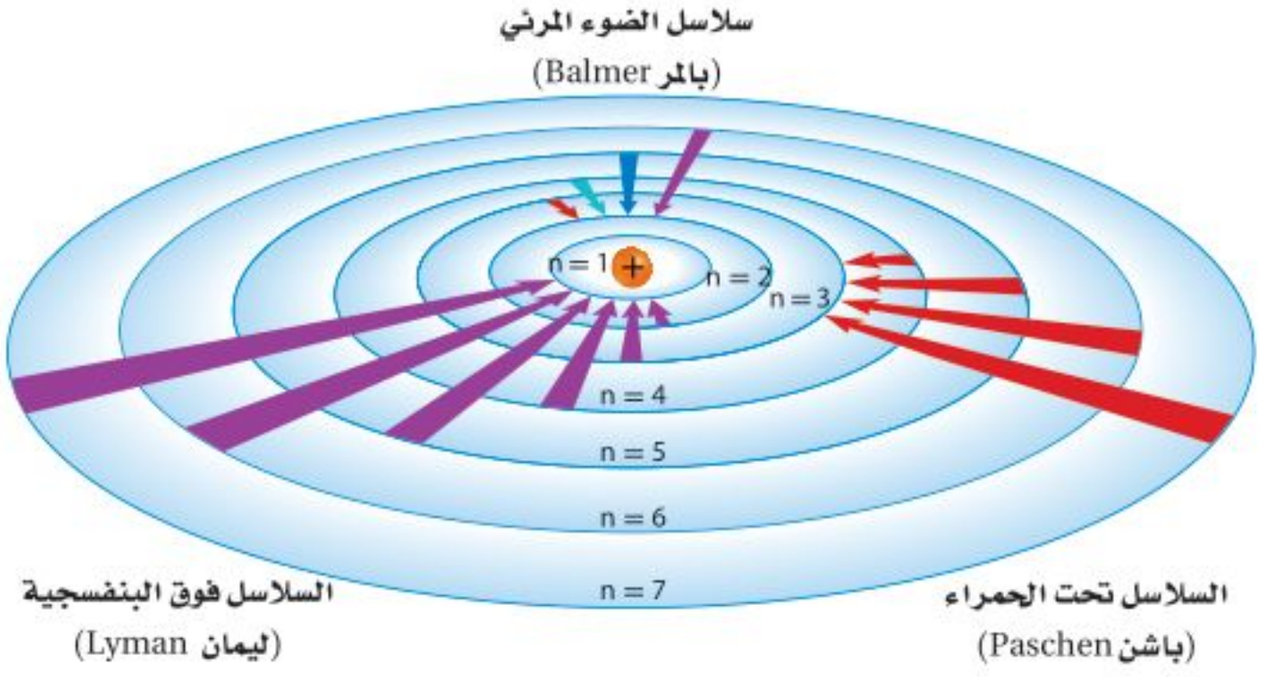
الجدول 1-2 وصف بور لذرة الهيدروجين

مدار بور الذري	العدد الكمي	نصف القطر المداري (nm)	عدد المستويات الثانوية	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	$E_7 = 49E_1$

خصص بور لكل مدار عددًا صحيحًا (n)، أطلق عليه اســم **العدد الكمي** من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول n=1 مساويًا 0.0529 nm ، ونصف قطر المدار الثاني n=2 مساويًا 0.212 nm، ويلخص **الجدول 1-2** معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها ومستويات الطاقة.

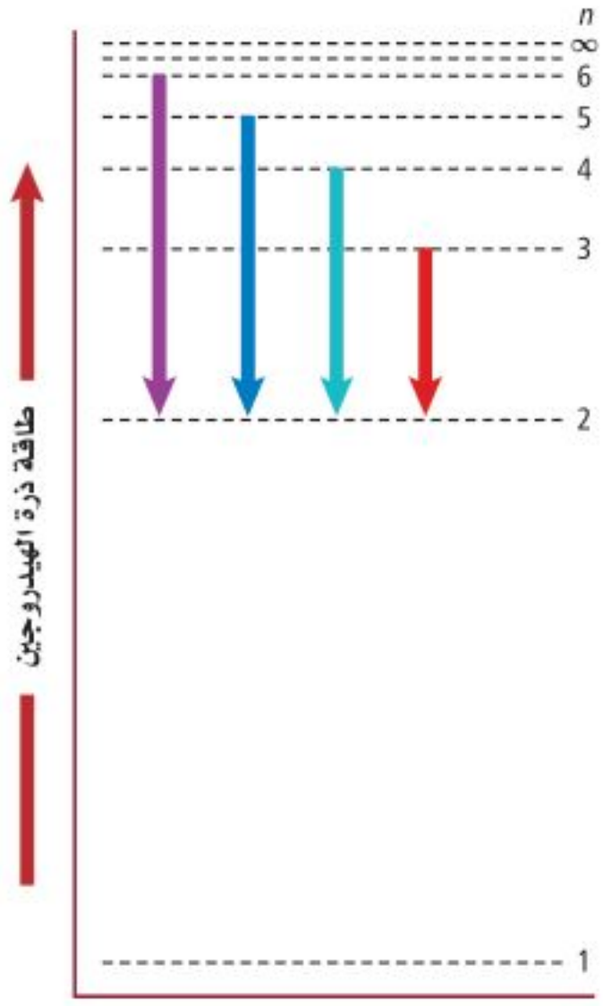
طيف الهيدروجين الخطي اقترح بور أن ذرة الهيدروجين تكون في الحالة المستقرة – وتسمى أيضًا مســتوى الطاقة الأول – عندما يكون الإلكترون الوحيد في مستوى الطاقة n=1. ولا تشــع الذرة الطاقة عند هذه الحالة. وعندما تضاف طاقة من مصدر خارجي إلى الذرة ينتقل الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى مثل مستوى الطاقة n=2 الموضح في **الشكل 11-2**. ومثل هذا الانتقال للإلكترون يجعل الذرة في حالة الإثارة. وعندما تكون الذرة في حالة الإثارة (وضع غير مســتقر للذرة) 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.

فرق الطاقة = طاقة المستوى الأعلى – طاقة المستوى الأدنى = طاقة الفوتون $= hf$



الشكل 11-2 عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل ينطلق فوتون. وتنتج السلاسل فوق البنفسجية (ليمـان)، والمرئية (بالمـر)، وتحت الحمراء (باشن) عند انتقال الإلكترونات إلى مستويات $n=1$ و$n=2$ و$n=3$ على الترتيب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 12–2 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 لذرة الهيدروجين 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 12–2** 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 عن سلوك الإلكترون في الذرة ألوان مختلفة للضوء؟

حدود نموذج بور فسّر نموذج بور 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، وهناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائرية.

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
The Quantum Mechanical Model of the Atom

اقتنـــع العلماء في منتصف القرن العشرين أن نموذج بور للذرة غير صحيح، فوضعوا تصورات جديدة ومبتكرة تبين كيف تتوزع الإلكترونات في الذرات. ففي عام 1924م اقترح أحد طلاب الدراســـات العليا في الفيزياء – اسمه لوي دي برولي De Broglie (1892 –1987 م)– فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

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

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

$\lambda = h/m.v$

λ تمثل طول الموجة — m تمثل كتلة الجسيمات

h ثابت بلانك — v تمثل السرعة

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

تجربة عملية

نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

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 $n = n_f$.

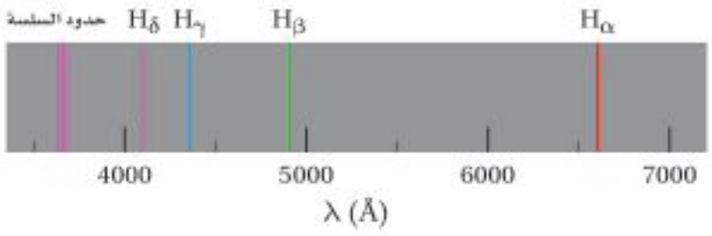
التحليل

توضـــح الصورة عـلى الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلســلة بالمــر للهـــيدروجين. وتُسـمى هـذه الخـطـوط H_α (6562 Å)، H_β (4861 Å)، H_γ (4340 Å)، H_δ (4101 Å)، وكل طول موجة (λ) مرتبط مـــع انتقـال إلكـترون ضمن ذرة الهيدروجين من خـــلال المعادلة الآتية التي يمثـــل فيها القيمة:

$1.09678 \times 10^7\ m^{-1}$ ثابت ريدبرج.

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

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



التفكير الناقد

1. **احسب** الطـــول الموجي لانتقـــال الإلكترون بين المدارات:

a. $n_i = 3; n_f = 2$ — **c.** $n_i = 5; n_f = 2$

b. $n_i = 4; n_f = 2$ — **d.** $n_i = 6; n_f = 2$

2. **اربط** بـــين الطول الموجي في سلســـلة 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 (A°) يساوي 10^{-10} m.

3. **طبـق** معادلة $E = hc/\lambda$ لتحديد طاقة الكم لكل انتقال في السؤال 1.

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

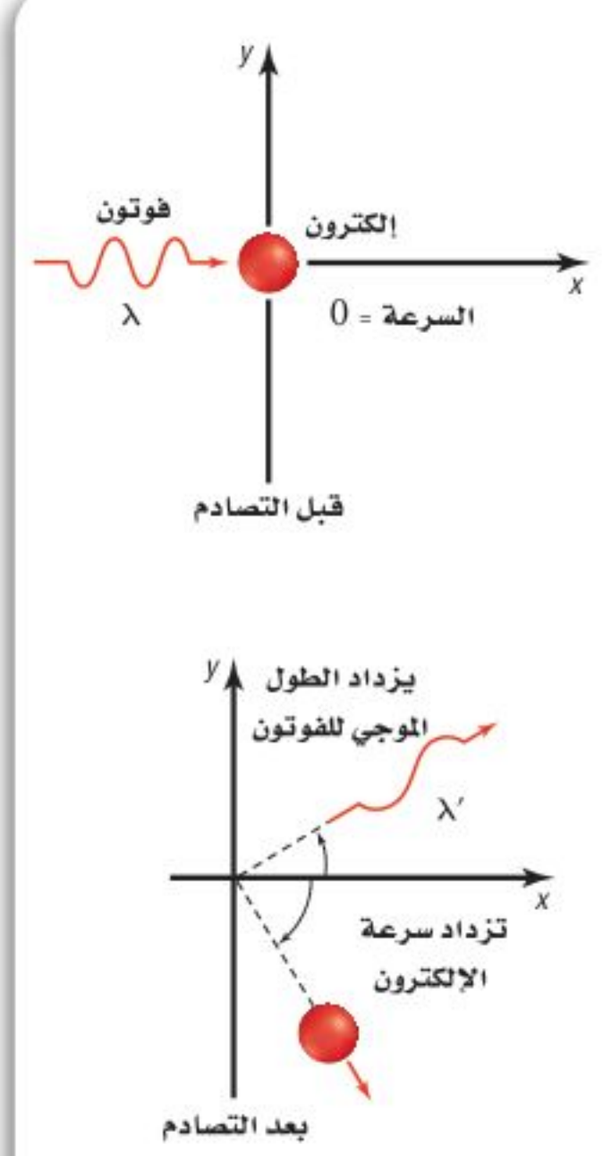
أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالون متنقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضًا أن تحدد مكان البالون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

ولأن البالون جسم كبير نسبيًّا، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكس عنه 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 التصادم بين الجسمين يغير كلًّا من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتجهة، كما في **الشكل 13–2**، أي أنه يحدث تغير لا يمكن تجاهله في مكان الإلكترون وحركته. لقد أدى تحليل هايزنبرج لمثل تلك التصادمات بين الفوتونات والإلكترونات إلى استنتاجه التاريخي، وهو **"مبدأ هايزنبرج للشك"** الذي ينص على أنه من المستحيل معرفة سرعة جسيم ومكانه في الوقت نفسه بدقة.

ماذا قرأت؟ وضّح مبدأ هايزنبرج للشك.

وعلى الرغم من أن العلماء قد وجدوا مبدأ هايزنبرج في تلك الحقبة صعب القبول، إلا أنه أثبت أنه يصف المحدِّدات الأساسية لما يمكن ملاحظته؛ فتأثير تصادم الفوتون بالجسم الكبير – مثل البالون المليء بالهيليوم – قليل، بحيث إن الشك في موقعه أصغر من أن يقاس. ولكن هذه الحالة لا تشبه إلكترونًا يتحرك بسرعة $6\times10^{6}\ m/s$ قرب النواة. فعدم التحديد أو الشك في مكان الإلكترون هو على الأقل $10^{-9}\ m$، وهذا أكبر 10 مرات تقريبًا من قطر الذرة.

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.



الشكل 13–2 عندما يصطدم فوتون مع إلكترون ساكن تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا يوضح مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

فسر لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

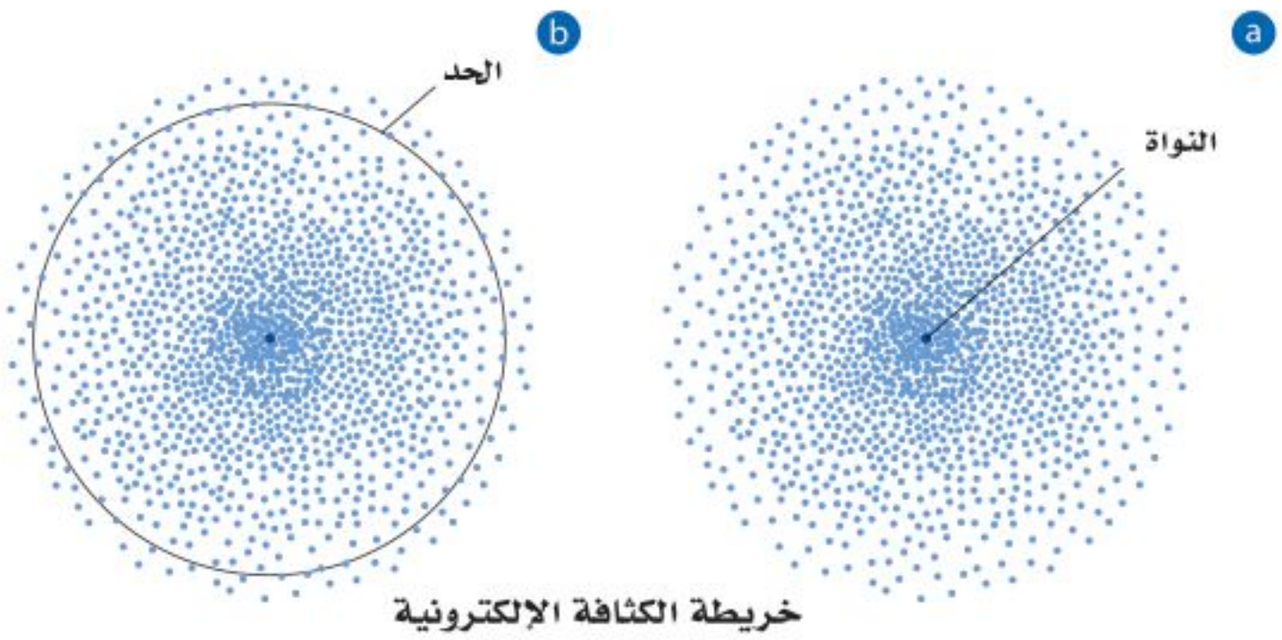
معادلــة شرودنجــر الموجــية في عام 1926م تابع الفيــــزيائي النمساوي إيروين شــرودنجـــر Schrodinger (1887 – 1961م) نظرية الموجة – الجسيم التي اقترحها دي برولي، واشتق شرودنجر معادلة على اعتبار أن إلكترون ذرة الهيدروجين موجة. وظهر أن نموذج شرودنجر لذرة الهيدروجين ينطبق جيدًا على ذرات العناصر الأخرى،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

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

أعتــبر كل حل لمعادلة شرودنجر يمثل دالة موجيــة، ترتبط مع احتمال وجود الإلكترون ضمن حجم معين من الفراغ حول النواة. تذكّر من خلال دراستك للرياضيات أن حادثة ما ذات احتمال عالٍ تكون أكثر قابلية للحدوث من الحادثة ذات الاحتمال المنخفض.

موقــع الإلكترون المحتمل تتنبــأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة تُسمى **المستوى**، وهو يصـــف الموقـع المحـتمل لوجـود إلكـترون. يشبه المستوى الفرعي سحابة تتناســب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح **الشكل 14a–2** خريطة الكثافة الإلكترونية (الســحابة الإلكترونية) التي تصف الإلكترون في مســتوى الطاقة الأدنى، كما أنها تُعد صورة لحظية لحركة الإلكترون حول النواة، حيث تمثل كل نقطة فيها موقع الإلكترون عند لحظة معينة من الوقت. وتمثل الكثــافة العـالية للنقاط قـرب النواة احتمالًا كبيرًا لوجـود الإلكترون في هذا الموقع. إلا أنه – بسبب عدم وجود حدود ثابتة للسحابة – من الممكن أيضًا أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

ماذا قرأت؟ صف أين توجد الإلكترونات في ذرة ما؟



الشكل 14–2 تمثل خريطة الكثافة احتمال وجـود إلكـترون في موقـع معـين حـول النـواة.
a. تظهـر الكثافة العاليـة للنقاط قرب النواة أن احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جدًّا.
b. يحتمل وجود الإلكترون بنسـبة 90% ضمن المنطقـة الدائريـة الظاهرة عنـد أي لحظة. وأحيانًا يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطًا ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مستويات ذرة الهيدروجين Hydrogen's Atomic Orbitals

لأن حدود المستوى غير واضحة فليس للمستوى حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المؤكد في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحًا للمستوى 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 14b–2** تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

عدد الكم الرئيس تذكر أن نموذج بور قد عيّن أعداد الكم لمدارات الإلكترون. وعيّن النموذج الكمي بصورة مشابهة أربعة أعداد كم للمستويات الذرية. يعد العدد الأول هو **عدد الكم الرئيس** (n)، الذي يشير إلى الحجم النسبي وطاقة المستويات؛ إذ كلما ازدادت قيمة n زاد حجم المستوى، لذا يقضي الإلكترون وقتًا أكبر بعيدًا عن النواة، وتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد n مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل منها **بمستوى الطاقة الرئيس**. وقد أُعطي مستوى الطاقة الأدنى للذرة عدد كم رئيسي يساوي (1). وعندما يحتل إلكترون ذرة الهيدروجين الوحيد المستوى n=1 تكون الذرة في الحالة المستقرة. وقد تم تحديد 7 مستويات طاقة لذرة الهيدروجين، أُعطيت أعدادًا (n) تتراوح بين 1 و 7.

مستويات الطاقة الثانوية تحتوي مستويات الطاقة الرئيسة على **مستويات ثانوية**. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى ثانوي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستويين ثانويين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات ثانوية، ومستوى الطاقة الرئيس 4 من أربعة مستويات ثانوية، أما مستويات الطاقة الرئيسة (5–7) من أربعة مستويات ثانوية كالمستوى الرئيس الرابع. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية بطريقة أفضل، انظر إلى **الشكل 15–2**. فكلما ارتفعت إلى أعلى تحتوي الصفوف على مقاعد أكثر. وكذلك يتزايد عدد المستويات الثانوية للطاقة في مستوى الطاقة الرئيس عندما تزداد قيمة n.

الجدول 2-2 مستويات الطاقة الرئيسة

مستوى الطاقة الرئيس	عدد الكم
K	1
L	2
M	3
N	4
O	5
P	6
Q	7

الجدول 2-3 مستويات الطاقة الثانوية

عدد الإلكترونات التي يستوعبها	المستوى الثانوي
2	S
6	p
10	d
14	f

الشكل 15–2 يمكن التفكير في مستويات الطاقة وكأنها صفوف المقاعد في هذا المسرح الأثري؛ إذ تحتوي الصفوف العليا على مقاعد أكثر. وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة الأبعد عن النواة على مستويات ثانوية أكثر للطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

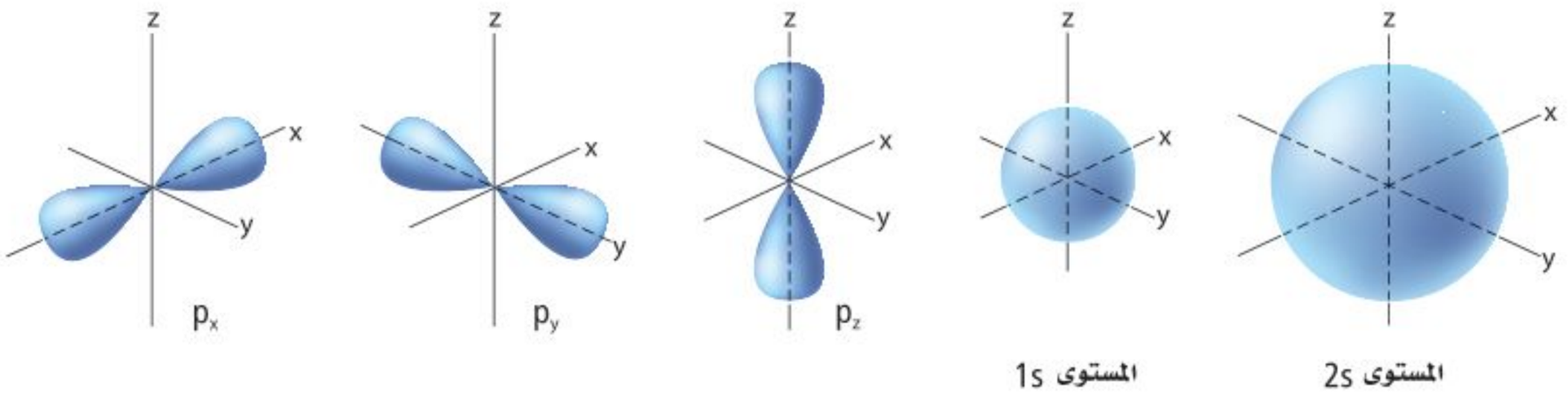
ماذا قرأت؟ وضح العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

أشكال المستويات الفرعية تسمى المستويات الثانوية s، p، d، f حسب أشكال المستويات الفرعية. فمستويات s جميعها كروية الشكل، والمستويات p جميعها تتكون من فصين، أما مستويات d و f فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كرويًّا مطابقًا لشكل المستوى الفرعي 1s الذي يوجد فيه. ويطلق على المستويين الثانويين في مستوى الطاقة الرئيس الثاني، 2p ، 2s. والمستوى الثانوي 2s يحوي المستوى الفرعي 2s ذا الشكل الكروي مثل شكل المستوى الفرعي 1s ولكنه أكبر حجمًا، كما في **الشكل 2-16a**.

ويُمثّل المستوى الثانوي 2p بثلاثة مستويات فرعية يتكون كل منها من فصين، تُسمى: $2p_x$ ، $2p_y$ ، $2p_z$. وتعبِّر الأحرف x و y و z عن اتجاهات المستويات الفرعية p على المحاور x ، y ، z، كما في **الشكل 2-16b**.

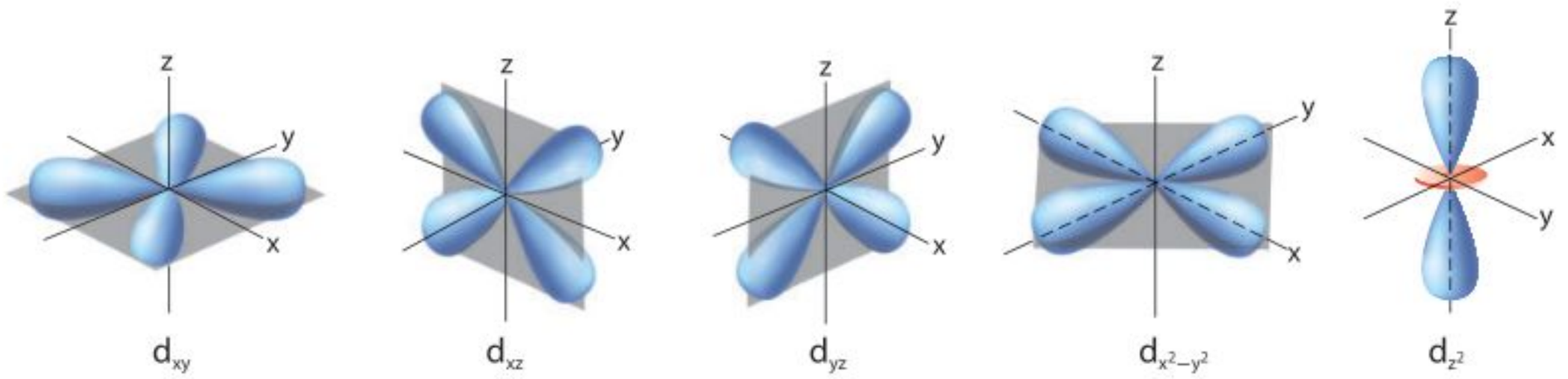
ماذا قرأت؟ صف أشكال المستويين s و p.

الشكل 2—16 يحتوي كل مستوى ثانوي على مستويات فرعية بأشكال مختلفة.



a. المستويات الفرعية S جميعها كروية وتزداد أحجامها مع ازدياد العدد الكمي الرئيس.

b. مستويات p الفرعية الثلاثة لها أشكال فصية موجهة نحو المحاور الثلاثة x،y،z.



c. أربعة من مستويات d الفرعية لها الشكل نفسه، ولكنها تقع على مستويات في اتجاهات مختلفة، أما المستوى الفرعي d_{z^2} فله شكله المميز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 4-2 مستويات الطاقة الأربعة الأولى للهيدروجين			
عدد الكم الرئيس (n)	أنواع المستويات الثانوية الموجودة	عدد المستويات الفرعية في المستويات الثانوية	مجموع المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس (n^2)
1	s	1	1
2	s p	1 3	4
3	s p d	1 3 5	9
4	s p d f	1 3 5 7	16

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات ثانوية هي: 3s، 3p، 3d، حيث يحتوي كل مستوى ثانوي d خمسة مستويات فرعية ذات طاقة متساوية، أربعة من مستويات d الفرعية لها أشكال متشابهة ولكن اتجاهاتها مختلفة حول المستويات x ، y ، z، إلا أن المستوى الفرعي الخامس d_{z^2} له شكل واتجاه يختلفان عن المستويات الفرعية الأربعة السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في **الشكل 16c-2**. يحتوي مستوى الطاقة الرابع (n=4) على مستوى ثانوي رابع يُسمى المستوى الثانوي 4f، وهو يحتوي 7 مستويات فرعية ذات طاقة متساوية. وللمستويات الفرعية للمستوى الثانوي f أشكال معقدة متعددة الفصوص.

يلخص **الجدول 4-2** مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائمًا عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n^2.

ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت مستويًا فرعيًّا واحدًا فقط. وتستطيع أن تعدّ المستويات الفرعية الأخرى مساحات شاغرة، أيْ متوافرة، يمكن أن يشغلها الإلكترون إذا ارتفعت طاقة الذرة أو انخفضت. فعلى سبيل المثال، عندما تكون ذرة الهيدروجين في الحالة المستقرة يحتل الإلكترون المستوى الفرعي 1s، فإذا اكتسبت الذرة كمية من الطاقة انتقل الإلكترون إلى أحد المستويات الفرعية الشاغرة. ويمكن للإلكترون اعتمادًا على كمية الطاقة المكتسبة أن ينتقل إلى المستوى الفرعي 2s، أو إلى أحد المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p، أو إلى أي مستوى فرعي شاغر آخر.

التقويم 2-2

الخلاصة

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال إلكترون من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجُسيم مع كتلته وسرعتها وثابت بلانك.
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص الموجات.
- تشغل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد في الفراغ تُسمى المستويات الفرعية.

15. **الفكرة الرئيسة** فسّر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء، حسب نموذج بور الذري؟
16. **عدّد** المستويات الثانوية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
17. **حدّد** المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي s، وفي كل مستوى ثانوي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
18. **فسر** لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة. مستخدمًا مبدأ هايزنبرج للشك والطبيعة الموجية – الجسيمية؟ وكيف يُعرف موقع الإلكترونات في الذرات؟
19. **احسب** مستعينًا بالمعلومات في **الجدول 1-2**، كم مرة يساوي نصفُ قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول، حسب نظرية بور؟
20. **قارن** بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–3

التوزيع الإلكتروني
Electron Configuration

الأهداف

- **تطبق** مبدأ باولي ومبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.
- **توضح** المقصود بإلكترونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ في الذرة.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

التوزيع الإلكتروني

مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)

مبدأ باولي

قاعدة هوند

إلكترونات التكافؤ

التمثيل النقطي للإلكترونات

الفكرة الرئيسة **يُحدَّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدم ثلاث قواعد.**

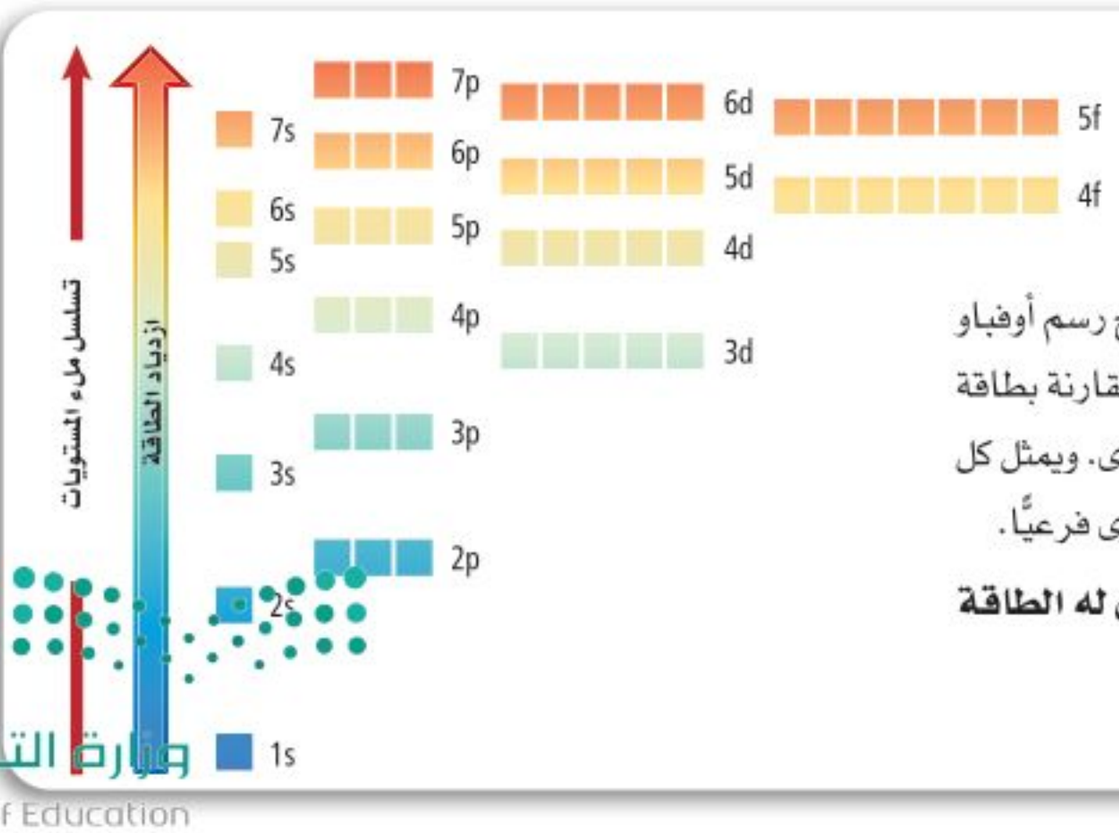
الربط مع الحياة عندما يصعد الطلاب إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغَل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ مستويات الطاقة بالطريقة نفسها.

التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة
Ground –State Electron Configuration

يبدو لنا ترتيب إلكترونات ذرات العناصر الثقيلة أمرًا صعبًا، وخصوصًا أن هذه الذرات قد تحتوي على أكثر من 100 إلكترون. فإذا علمنا أن مستويات هذه الذرات تشبه مستويات ذرة الهيدروجين فإن ذلك يسمح لنا بترتيب إلكترونات هذه الذرات باستخدام قواعد قليلة محددة.

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

مبدأ أوفباو ينص **مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)** على أن كل إلكترون يشغل المستوى الأقل طاقة. لذا فإن تحديد التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة يتطلب معرفة ترتيب المستويات الفرعية وفق تزايد طاقاتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في **الشكل 17–2**، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوًى فرعيًّا.



الشكل 17–2 يوضح رسم أوفباو طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم مستوًى فرعيًّا.

حدِّد أي مستوى ثانوي له الطاقة الأكبر: 4d أو 5p؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 5-2 خواص رسم أوفباو

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

يلخص **الجدول 5-2** عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبنى بإضافة إلكترونًا بعد الآخر.

مبدأ باولي يمكن تمثيل المستويات الفرعية بمربعات أو دوائر كما يمكن تمثيل الإلكترونات في المستويات باستخدام الأسهم في المربعات. ولكل إلكترون اتجاه دوران مرتبط معه، حيث يمثل السهم المتجه إلى أعلى ↑ دوران الإلكترون في اتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل ↓ دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ □ مستويًا فرعيًّا شاغرًا، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى ↑ مستويًا فرعيًّا بإلكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهمين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل ↑↓ مستويًا فرعيًّا ممتلئًا.

وينص **مبدأ باولي** على أن عدد إلكترونات المستوى الفرعي الواحد لا يزيد عن إلكترونين ويدور كل منهما حول نفسه باتجاه معاكس للآخر. واقترح الفيزيائي النمساوي باولي Pauli (1900 – 1958م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثَّل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس بـ ↑↓ . ولأن كل مستوى فرعي لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونين فإن الحد الأعلى للإلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس يساوي $2n^2$.

قاعدة هوند إن حقيقة تنافر الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة لها تأثير كبير في توزيع الإلكترونات في مستويات فرعية متساوية الطاقة. وتنص **قاعدة هوند Hund's** على أن الإلكترونات تتوزع في المستويات الفرعية المتساوية الطاقة بحيث تحافظ على أن يكون لها الاتجاه نفسه من حيث الدوران، قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس المستويات نفسها. فعلى سبيل المثال، تُملأ مستويات 2p الفرعية الثلاثة بإلكترونات منفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول ستة إلكترونات في مستويات p الفرعية.

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

ماذا قرأت؟ اذكر نص القوانين الثلاثة التي تعرّف كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرات.

المفردات

أصل الكلمة

"أوفباو Aufbau"

من الكلمة الألمانية aufbauen، والتي تعني يهيئ أو يرتب.

المطويات

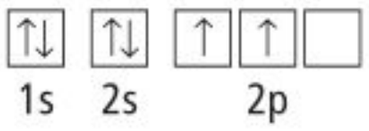
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration

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

رسم مربعات المستويات يمكن التعبير عن الإلكترونات في المستويات الفرعية بأسهم في المربعات؛ إذ يُعَنوَن كل مربع بعدد الكم الرئيس ومستوى الطاقة الفرعي في المستوى الثانوي. فعلى سبيل المثال، مستويات ذرة الكربون في الحالة المستقرة تحتوي على إلكترونين في المستوى الفرعي 1s؛ وإلكترونين في المستوى الفرعي 2s، وإلكترونين في مستويين فرعيين من مستويات 2p الفرعية الثلاثة، كما هو موضح:

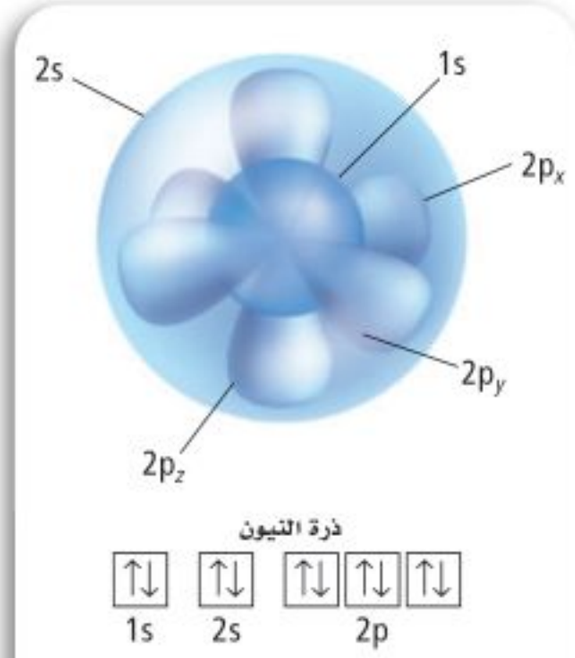


الترميز الإلكتروني يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أسًّا يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$.

ويوضح **الشكل 18-2** كيفية تداخل مستويات $1s\ 2s\ 2p_x\ 2p_y\ 2p_z$ لذرة النيون.

ويبين **الجدول 6-2** رسم مربعات المستويات والترميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر.

وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات 1s 2s 2p، ويدخل الإلكترون



الشكل 18-2 تداخل مستويات 1s، 2s، 2p لذرة النيون.

حدد كم إلكترونًا في ذرة النيون؟

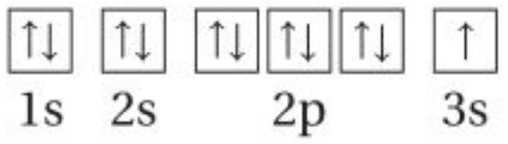
الجدول 6-2 الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

العنصر / رمزه	العدد الذري	رسم مربعات المستويات	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	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الحادي عشر المستوى 3s اعتمادًا على مبدأ أوفباو. لذا يكون الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات 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 باستخدام ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي $[Ne]\ 3s^1$. ويوضح **الجدول 7-2** 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

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

الدورة

الاستخدام العلمي: صفٌّ أفقي من العناصر في الجدول الدوري الحديث.
هناك سبع دورات في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

الاستخدام الشائع: فترة من الوقت محددة بواسطة ظاهرة متكررة.
تستغرق دورة الأرض حول الشمس سنة واحدة.

الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18

العنصر/رمزه	العدد الذري	طريقة الترميز الإلكتروني	طريقة ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)
الصوديوم Na	11	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$	$[Ne]\ 3s^1$
الماغنسيوم Mg	12	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$	$[Ne]\ 3s^2$
الألومنيوم Al	13	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$	$[Ne]\ 3s^2\ 3p^1$
السليكون 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	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$	$[Ne]\ 3s^2\ 3p^6$ أو $[Ar]$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استثناءات التوزيع الإلكتروني يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا للعناصر التي تبدأ من الفاناديوم ذي العدد الذري 23 وما بعده. ولكن إذا استمرت في توزيع الإلكترونات بالطريقة نفسها فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^4$ وللنحاس سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^9$ وهما غير صحيحتين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم $[Ar]\ 4s^1\ 3d^5$، وللنحاس $[Ar]\ 4s^1\ 3d^{10}$. وتوضح التوزيعات الإلكترونية لهذين العنصرين – كما هو الحال لعناصر أخرى – حالة الاستقرار للمستويات نصف الممتلئة والممتلئة d و s.

استراتيجية حل المسألة

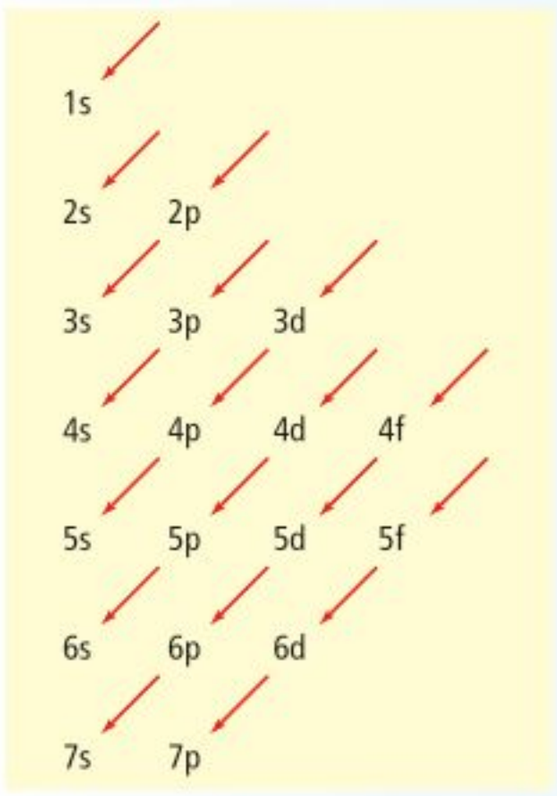
ملء مستويات الطاقة

تستطيع أن تكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لأي عنصر كيميائي باستخدام رسم المستويات الثانوية واتباع الأسهم.

1. ارسم شكل المستويات الثانوية على ورقة بيضاء.
2. حدّد عدد إلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علمًا بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.
3. ابدأ بالمستوى 1s، واتبع تسلسل أوفباو للمستويات، وفي أثناء تقدمك أضف الأسس التي تشير إلى عدد الإلكترونات في كل مستوى، واستمر في ذلك حتى يكون لديك مستويات كافية لاستيعاب العدد الكلي من الإلكترونات في ذرة العنصر.
4. طبّق ترميز الغاز النبيل.

طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.



ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br
b. الإسترانشيوم Sr
c. الأنتيمون Sb
d. الرينيوم Re
e. التيربيوم Tb
f. التيتانيوم Ti

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من إلكترونات التكافو السبعة؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة $[Kr]\ 5s^2 4d^{10} 5p^1$، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك عدة. ما هذا العنصر؟

25. تحفيز تحتوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons

تحدد إلكترونات التكافؤ، الخواص الكيميائية للعنصر. وتعرف **إلكترونات التكافؤ** بأنها إلكترونات المستوى الخارجي للذرة (مستوى الطاقة الرئيس الأخير). فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت على 16 إلكترونًا، ستة منها فقط تحتل مستويات 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:

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

وعلى الرغم من أن لذرة السيزيوم 55 إلكترونًا فإن لها إلكترون تكافؤ واحدًا، في المستوى 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 ومستويات الطاقة الداخلية، محاطًا بنقاط تُمثِّل إلكترونات المستوى الخارجي جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875– 1946م) هذه الطريقة عندما كان يدرّس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م.

وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تُمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية لتصبح النقاط في صورة أزواج حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح **الجدول 8–2** التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الجدول 8-2 **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	$1s^2\, 2s^2\, 2p^3$	$\cdot\ddot{N}\cdot$
الأكسجين O	8	$1s^2\, 2s^2\, 2p^4$	$:\ddot{O}\cdot$
الفلور F	9	$1s^2\, 2s^2\, 2p^5$	$:\ddot{F}\cdot$
النيون Ne	10	$1s^2\, 2s^2\, 2p^6$	$:\ddot{Ne}:$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 3-2

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

1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدّد العدد الذري لعنصر القصدير، واكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافئه، ثم استخدم 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 القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير ·Sn·

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

26. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات العناصر الآتية:

a. الماغنسيوم Mg **b.** الثاليوم Tl **c.** الزينون Xe

27. تحتوي ذرة عنصر على 13 إلكترونًا. ما هذا العنصر؟ وكم إلكترونًا يظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

28. تحفيز يحتمل أن يكون عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي أحد العناصر الآتية: الهيدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين أو الأكسجين، أو الفلور، أو الكلور، أو النيون. ما هذا العنصر إذا علمت أن التمثيل النقطي الإلكتروني له ·X·؟

التقويم 3-2

الخلاصة

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يُحدَّد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدِّد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

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

a. السليكون Si **b.** الفلور F **c.** الكالسيوم Ca **d.** الكربتون Kr.

30. عرّف إلكترونات التكافؤ.

31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات.

32. التوسع عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

33. تفسير الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي لإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسِّر إجابتك.

a. ·Se: **b.** ·Se· **c.** ·Se· **d.** ·S·

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء والصحة

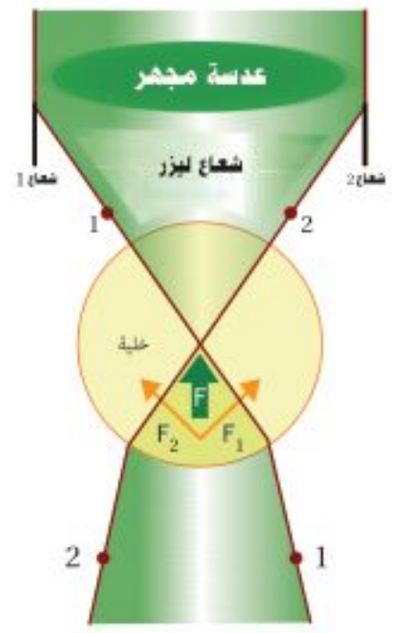
ملاقط الليزر

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.

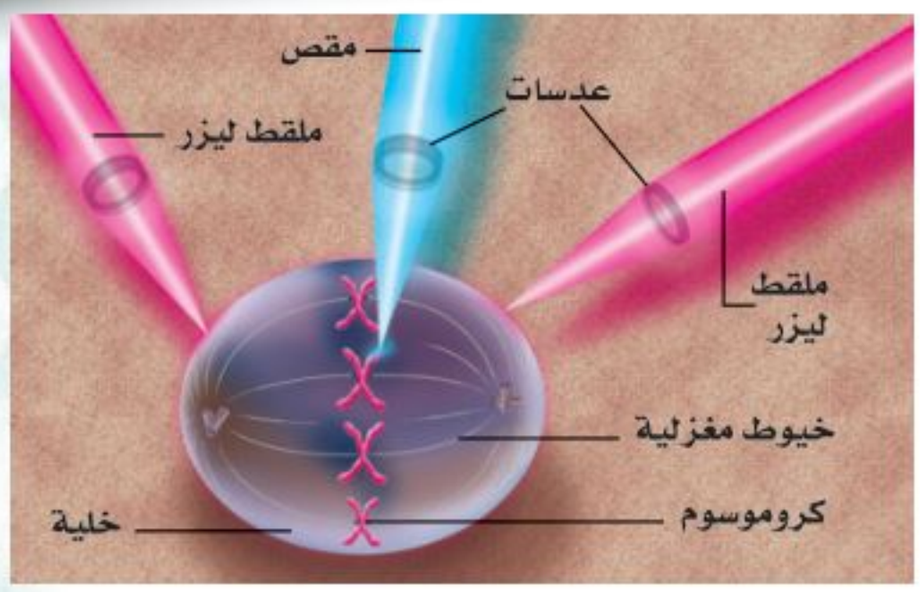
ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

الإمساك باستخدام الضوء عند مرور الأشعة الضوئية من خلال خلية ما فإنها تغير من اتجاهها قليلاً، وهذا مشابه لكيفية انحناء أشعة الضوء عند مرورها 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 أمكنها عندئذٍ تثبيت جسم صغير في مكانه، كما في **الشكل 1**.



الشكل 1 تنحني الحزمة الضوئية في أثناء مرور أشعة الليزر من خلال الخلية، وتبذل 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 أين 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 أي حال لا يعرف العلماء تمامًا 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 نستخدمها في حياتنا، وتعرف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

الفكرة الرئيسة للضوء- وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي- طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

المفردات

- السعة
- ثابت بلانك
- طيف الانبعاث الذري
- طول الموجة
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- التردد
- التأثير الكهروضوئي
- الفوتون
- الكم

المفاهيم الرئيسة

- تعرّف الموجات بأطوالها الموجية و ترددتها و سعاتها وسرعاتها.

$$c = \lambda f$$

- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كلٍّ من الموجة والجُسيم.
- تمتص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.

$$E_{\text{الكم}} = hf$$

- يُنتج الضوء الأبيض طيفًا متصلاً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

2-2 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسة تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

المفردات

- حالة الاستقرار
- مستوى الطاقة الفرعي
- العدد الكمي
- مبدأ هايزنبرج للشك
- العدد الكَمي الرئيس
- النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
- مستوى الطاقة الرئيس
- مستوى الطاقة الثانوي

المفاهيم الرئيسة

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلتها وسرعتها وثابت بلانك.

$$\lambda = h / mv$$

- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام 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 التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يحدّد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تحدّد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2-1

إتقان المفاهيم

34. عرّف المصطلحات الآتية:

a. التردد
b. الطول الموجي
c. الكم
d. الحالة المستقرة

35. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعديًّا حسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي
b. الميكروويف
c. موجات الراديو
d. الأشعة السينية

36. ما الذي تعنيه عبارة "أشعة جاما لها تردد $2.88 \times 10^{21}\,Hz$"؟

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

38. **مصباح النيون** كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح نيون عن ضوء الشمس؟

39. وضح مفهوم بلانك للكم من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدها.

40. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

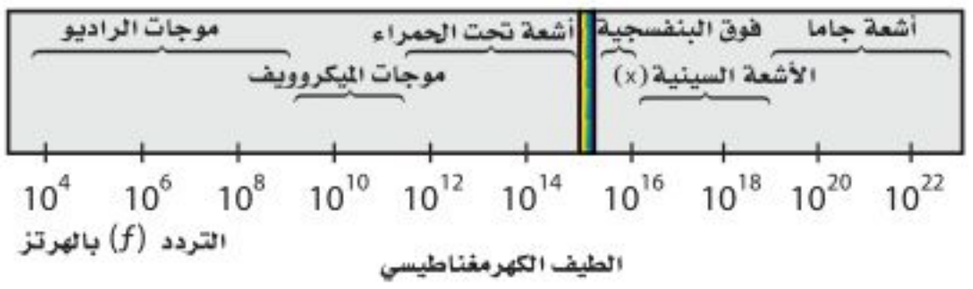
41. **قوس المطر** اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

42. **درجة الحرارة** ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن ومشع كلما ازدادت درجة حرارته؟

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟ وكيف تختلف؟

إتقان حل المسائل



الشكل 19-2

45. **الإشعاع** استخدم **الشكل 19-2** لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

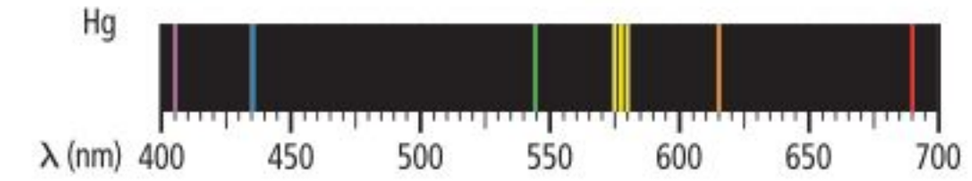
a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11}\,s^{-1}$
b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm
c. إشعاع بتردد 5.6 MHz
d. إشعاع ينتقل بسرعة $3.00 \times 10^{8}\,m/s$

46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده $5.00 \times 10^{12}\,Hz$؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي $3.33 \times 10^{-8}\,m$؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها $1.33 \times 10^{17}\,Hz$ وطول موجتها 2.25 nm ؟

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده $4.48 \times 10^{14}\,Hz$؟



الشكل 20-2

50. **الزئبق** يظهر في **الشكل 20-2** طيف الانبعاث الذري للزئبق. قدّر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟

51. ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته $1.18 \times 10^{-8}\,m$؟

52. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $2.93 \times 10^{-25}\,J$. فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2 تقويم الفصل

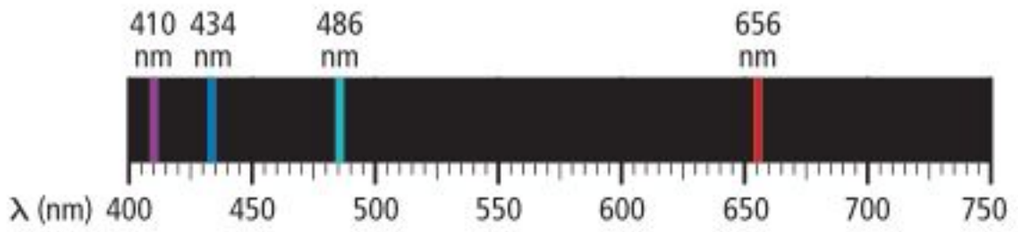
53. فوتون يمتلك طاقة مقدارها 1.10×10^{-13} J، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

54. السفينة الفضائية ما الوقت الذي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجر حتى تصل الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض 2.72×10^{9} km؟

55. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد 104.5 MHz، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟

56. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتوإلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى (9.08×10^{-19} J /photon)؟

57. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعًا كهرومغناطيسيًا طول موجته 193.3 nm فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كمٍّ واحد من هذا الإشعاع؟



طيف الانبعاث الذري للهيدروجين

الشكل 21-2

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين 486 nm، فاستعن بالشكل أعلاه على تحديد لون الخط وتردده؟

2-2

إتقان المفاهيم

59. اعتمادًا على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات؟

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟

61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟

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

63. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟

64. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟

65. انتقال الإلكترون اعتمادًا على نموذج بور الموضح في **الشكل 22-2** ما نوع انتقالات الإلكترون التي تنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

الشكل 22-2

66. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسة الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟

67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d؟

68. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثانوي؟

69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثانوي d؟

70. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟

71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثانوي 2p.

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

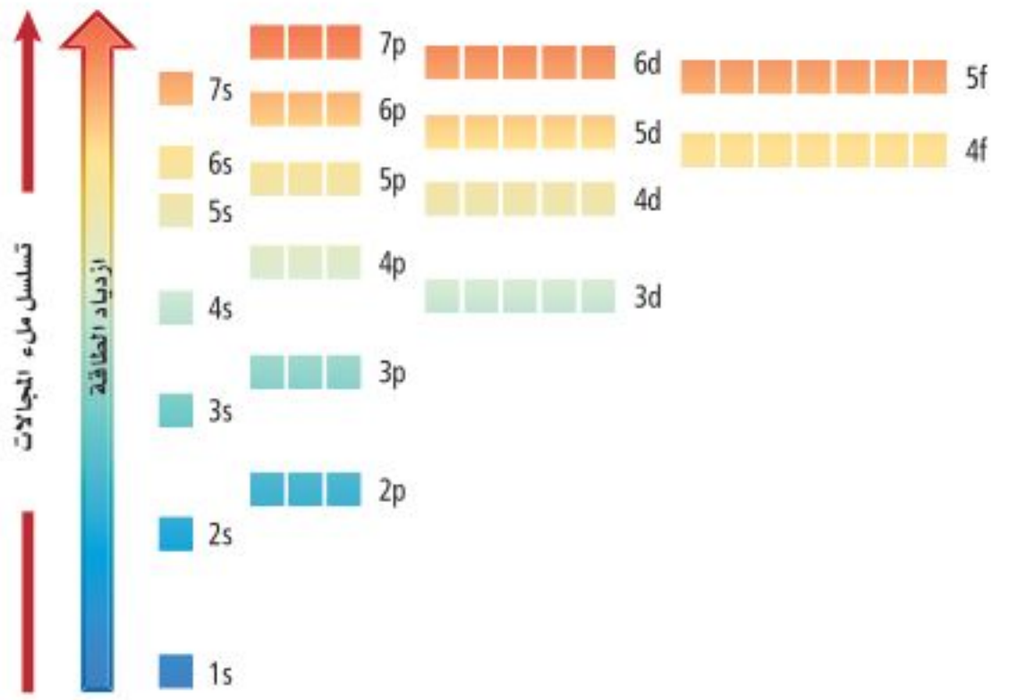
74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

2-3

إتقان المفاهيم

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثانوي؟

76. **الروبيديوم** وضّح باستخدام **الشكل 23-2**، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 23-2

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتويها؟

78. إن للضوء طبيعة مزدوجة (موجة - جسيم). فماذا تعني هذه الجملة؟

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

80. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

a. الكربون **c.** الكالسيوم

b. اليود **d.** الجاليوم

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

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

إتقان حل المسائل: (استعن بالجدول الدوري عند الحاجة للحصول على الأعداد الذرية للعناصر)

اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

83. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

a. البيريليوم **c.** النيتروجين

b. الألومنيوم **d.** الصوديوم

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

a. Zr **c.** Kr

b. Pb **d.** P

85. حدد العنصر الذي يُمثّل بالتوزيع الإلكتروني الآتي:

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

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

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

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

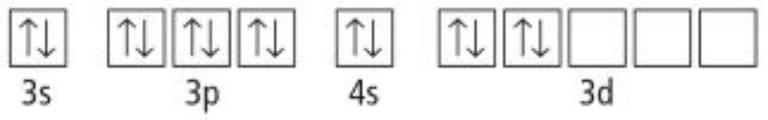
e. $[Rn]\ 7s^2\ 5f^{13}$

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

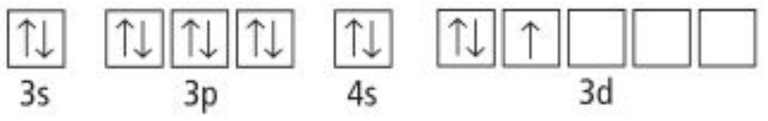
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

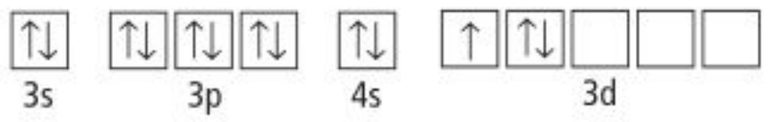
2 تقويم الفصل

86. أيّ رسوم مربعات المستويات في **الشكل 24-2** صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

a.


b.

c.


d.


الشكل 24-2

87. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

a. الكربون
b. الزرنيخ
c. البولونيوم
d. البوتاسيوم
e. الباريوم

88. ما عدد المستويات الرئيسة الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس $n = 4$؟

89. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في **الشكل 25-2**؟

a. المنجنيز
b. الأنتيمون
c. الكالسيوم
d. الساماريوم

الشكل 25-2

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

مراجعة عامة

91. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسة الآتية:

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

92. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

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

93. أي العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربتون، الباريوم؟

94. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطًّا أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

95. الخارصين: تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و3p و3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

96. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل $[Rn]\,7s^1$؟

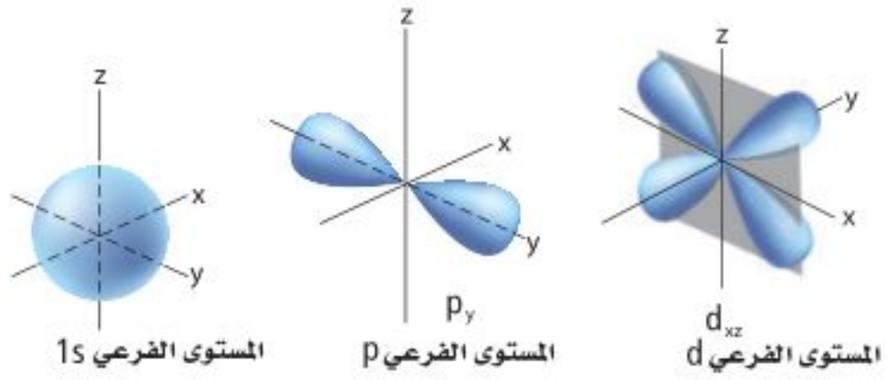
97. كيف وضَّح بور طيف الانبعاث الذري؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

التفكير الناقد

98. صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل **2-26**، وحدّد اتجاهاتها.



الشكل 2-26

99. استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

مراجعة تراكمية

100. حدّد ما إذا كانت كل جملة تصف خاصية كيميائية 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.

101. إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153 فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

102. لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألوانًا مختلفة، يملأ المصنعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.

103. نموذج رذرفورد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني أرنست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدمًا رسومًا وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ ينتج خطان متقاربان، أحدهما أصفر والآخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائيًّا فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء (التحذير) الأمن. يبين الشكل **2-27** الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.

الشكل 2-27

104. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟

105. يشع الصوديوم خطين طولاهما 588.9590 nm و 589.9524 nm على الترتيب. اكتب التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟

106. احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدمًا المعادلات: $E = hf$, $c = \lambda f$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي $2.67 \times 10^{-13}\ m$ عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة الضوء هي $3 \times 10^{8}\ m/s$)

a. $8.90 \times 10^{-22}\ s^{-1}$

b. $3.75 \times 10^{12}\ s^{-1}$

c. $8.01 \times 10^{-5}\ s^{-1}$

d. $1.12 \times 10^{21}\ s^{-1}$

2. أيّ مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي لإلكترونات الإنديوم؟

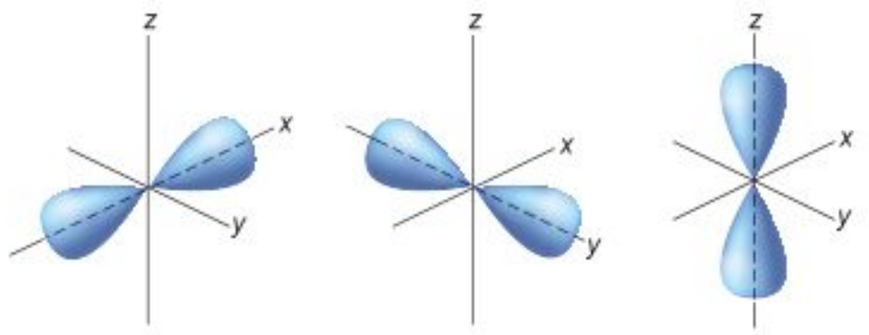
a. ·In

b. ·In·

c. ·In·

d. ·In·

استخدم **الشكل** الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية الموضحة في الشكل أعلاه؟

a. s

b. p

c. d

d. f

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى الثانوي السابق؟

a. 2

b. 3

c. 6

d. 8

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

a. 10

b. 20

c. 25

d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.

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	

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

7. 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

8. 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 المستويات الموضحة أدناه للإجابة عن السؤالين 9 و 10.

A. ↑↓ $1s^2$

B. ↑↓ ↑↓ $1s^2\ 2s^2$

C. ↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑ $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

D. ↑↓ ↑ ↑↓ ↑↓ ↑↓ $1s^2\ 2s^1\ 2p^6$

9. أيٌّ مما سبق يوضح رسمًا لمربعات المستويات يخالف مبدأ أوفباو؟

a. A **b.** B **c.** C **d.** D

10. أيٌّ مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر البريليوم؟

a. A **b.** B **c.** C **d.** D

أسئلة الإجابات القصيرة

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

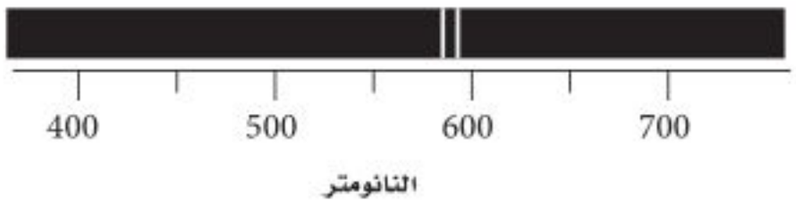
ادرس العبارة الآتية:

عنصر ممثل عدده الذري 13يوجد في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه.

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و15.



14. قدّر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

15. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

أسئلة الإجابات المفتوحة

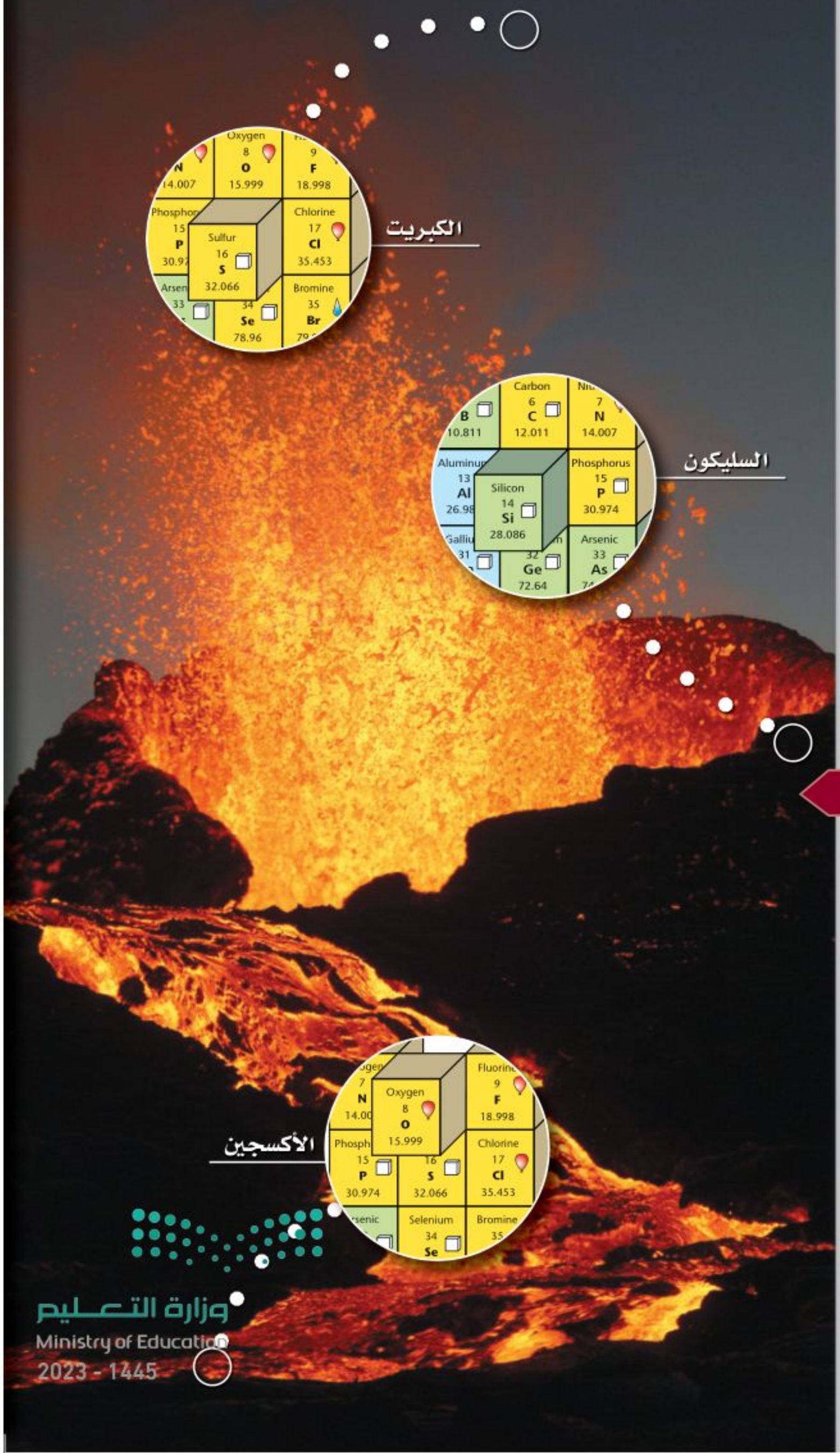
16. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

17. وضّح 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

الجدول الدوري والتّدرّج في خواصّ العناصر
The Periodic Table and Periodic Trends



الفكرة العامة يتيح لنا التدرج في خواص ذرات العناصر في الجدول الدوري التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

3-1 تطور الجدول الدوري الحديث

الفكرة الرئيسة لقد تطور الجدول الدوري تدريجيًّا مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

3-2 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسة رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية .

3–3 تدرج خواص العناصر

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

حقائق كيميائية

- يتضمن الجدول الدوري حاليًّا 118 عنصرًا، يوجد منها في الطبيعة 92 عنصرًا فقط.
- يُعد عنصر الهيدروجين أكثر العناصر توافرًا في الكون ونسبة كتلته 75%، في حين يُعد عنصر الأكسجين أكثر العناصر توافرًا في الأرض ونسبته 50%.
- يحتوي جسم شخص كتلته 70 kg على حوالي 43 kg تقريبًا من الأكسجين.
- تقل الكمية الكلية لعنصر الأستاتين في القشرة الأرضية عن 30 g، مما يجعله أقل العناصر وفرة في الأرض.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغير في الخواص؟

تترتب 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. أحضر عددًا من البراغي من ثلاثة أنواع مختلفة.
3. قس طول كلٍّ برغي **بالمسطرة**.
4. قس كتلة كل برغي **بالميزان**.
5. رتب العينات تصاعديًّا من حيث الطول والكتلة وفق شكلها.

تحليل النتائج

1. **أنشئ جدولاً** تسجل فيه أطوال البراغي وكتلها، مراعيًا أن يظهر الجدول التدرج في خصائصها.
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، الدورات، المجموعات، نصف قطر الذرة، نصف قطر الأيون، طاقة التأين، مقدار الكهروسالبية.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–3،** ولخص التدرج في خواص العناصر عبر الدورات والمجموعات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–1

الأهداف

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

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

التدرج في الخواص
المجموعات
الدورات
العناصر الممثلة
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 تدريجيًّا مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.**

الربط مع الحياة كيف تبدو عملية التسوق إذا أردت شراء بعض الفاكهة وقد اختلط التفاح بالكمثرى بالبرتقال بالخوخ في سلة واحدة؟! لذا، من هنا تتضح أهمية تصنيف الأشياء حسب خواصها. لذا يصنف العلماء العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

تطور الجدول الدوري
Development of the Periodic Table

قام العالم الفرنسي أنتوني لافوازييه Lavoisier في أواخر القرن الثامن عشر (1743–1794م) بتجميع العناصر المختلفة المعروفة آنذاك في قائمة واحدة. وتحتوي هذه القائمة المتضمنة في **الجدول 1–3** 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؛ لأنه يتكرر بالنمط نفسه. ولقد قام نيولاندز بتسمية هذه العلاقة الدورية بقانون الثمانيات. ويوضح **الشكل 1–3** طريقة نيولاندز في ترتيب 14 عنصرًا كانت معروفة في أواسط عام 1860م. وقد واجه قانون الثمانيات معارضة؛ لأنه لا يمكن تطبيقه على العناصر المعروفة جميعها آنذاك.

كما أن العلماء لم يتقبلوا كلمة الثمانيات. 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 1-3 **جدول لافوازييه 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 الماغنسيوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).

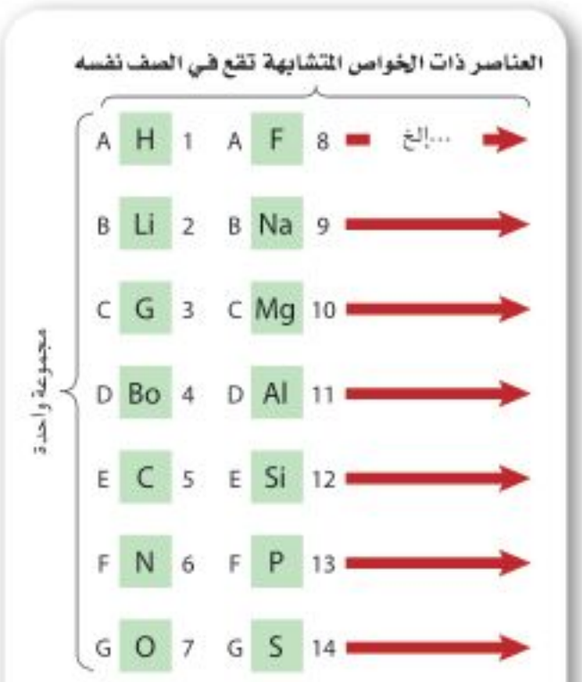
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مايـر ومندليـف Meyer and Mendeleev في عام 1869م قـام كل من الكيميائي الألماني لوثـر ماير (1830 – 1895م) والكيميائي الـروسي ديمتري مندليف (1834–1907م) بتقديـم الدليل على العلاقة بين العدد الكتـلي للعناصر وخواصها. وقد حظي مندليف بسـمعة أكثر من ماير؛ حيث قام بنشر دراسته أولاً. لاحظ مندليف – كما لاحظ نيولاندز قبل عدة سـنوات – أنه عند ترتيب العناصر تصاعديًّا وفـق كتلها الذرية فإن 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 مندليف – كما في **الشـكل 2–3** – قبولًا واسـعًا؛ حيث أمكنه توقع وجود عناصر لم تُكتشف بعد وحدّد خواصها، كما ترك مندليف أماكن شاغرة في الجدول للعناصر التي اعتقد أنها لم تكتشـف بعد. وقد تمكّن مندليـف من خلال ملاحظة أنماط التغير في خواص العناصر المعروفة من توقع خواص العناصر التي سيتم اكتشافها، ومنها السكانديوم، والجاليوم، والجيرمانيوم.

موزلي Moseley لم يكن جدول مندليف صحيحًا تمامًا؛ فبعد اكتشاف العديد من العناصر الجديدة، وتحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة بدقة أكثر، بدا 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 عنصر تحتوي على عدد محدد وفريد من 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 مندليف وموزلي في ترتيب العناصر.



الشكل 1–3 لاحظ جون نيولاندز أن خواص العناصر تتكرر كل 8 عناصر.

الشكل 2–3 قام مندليف في النسخة الأولى للجدول الذي نشره في عام 1869م بترتيب العناصر ذات الخواص الكيميائية المتشابهة أفقيًّا. وقد ترك أماكن فارغة للعناصر التي لم تكن قد اكتشفت في ذلك الوقت.

Typische Elemente

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يلخص **الجدول 2–3** مساهمات كل من نيولاندز وماير ومنديليف وموزلي في تطوير الجدول الدوري. وأصبح هذا الجدول من أهم الأدوات التي يستخدمها الكيميائيون. ويعد الجدول الدوري مرجعًا مهمًّا لفهم خواص العناصر، والتنبؤ بها وتنظيم المعلومات المتعلقة بالتركيب الذري.

الجدول 2-3 **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
- أثبت وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر.
- رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية.

ديمتري مندليف 1834–1907م
- أثبت 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.

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 3–3** أحد هذه المربعات. وقد رتبت المربعات تصاعديًّا وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة الرأسية تُعرف **بالمجموعات** أو العائلات، وفي صفوف أفقية تُعرف **بالدورات**. ويوضح **الشكل 5–3** الجدول الدوري للعناصر.

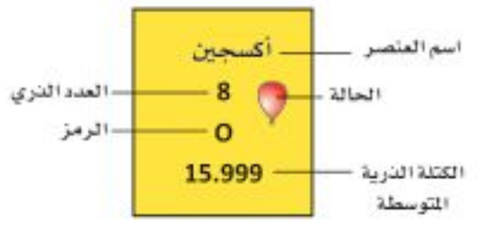
ماذا قرأت؟ **عرّف** المجموعات والدورات.

المفردات

أصل الكلمة

الدورية Periodic

جاءت الكلمة periodos من أصل لاتيني *وتعني الطريق الدائري.*



الشكل 3–3 تحتوي المربعات في الجدول الدوري على اسم العنصر والرمز الكيميائي والعدد الذري والكتلة الذرية وحالة المادة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يحتوي الجدول الدوري الحديث على سبع دورات بدءًا من الهيدروجين في الدورة الأولى. وقد رُقمت المجموعات من 1 إلى 18. فمثلاً، 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. وكما أن لعناصر المجموعات 1 و 2 و 13 – 18 الكثير جدًّا من الخواص الفيزيائية والكيميائية، لذلك يشار إليها بعناصر المجموعات الرئيسة أو **العناصر الممثلة**. 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 بأنه قابل للطَّرْق والسحب؛ إذ يمكن تحويلها إلى صفائح رقيقة، وسحبها إلى أسلاك رفيعة. ومعظم العناصر الممثلة والعناصر الانتقالية فلزات. وإذا نظرت إلى عنصر البورون B في العمود 13، تشاهد خطًّا متعرجًا يصل إلى الأستاتين At في أسفل المجموعة 17. ويفصل هذا الخط بين الفلزات واللافلزات في الجدول الدوري. وقد مُثّلت الفلزات بالمربعات ذات اللون الأزرق في **الشكل 5–3**.

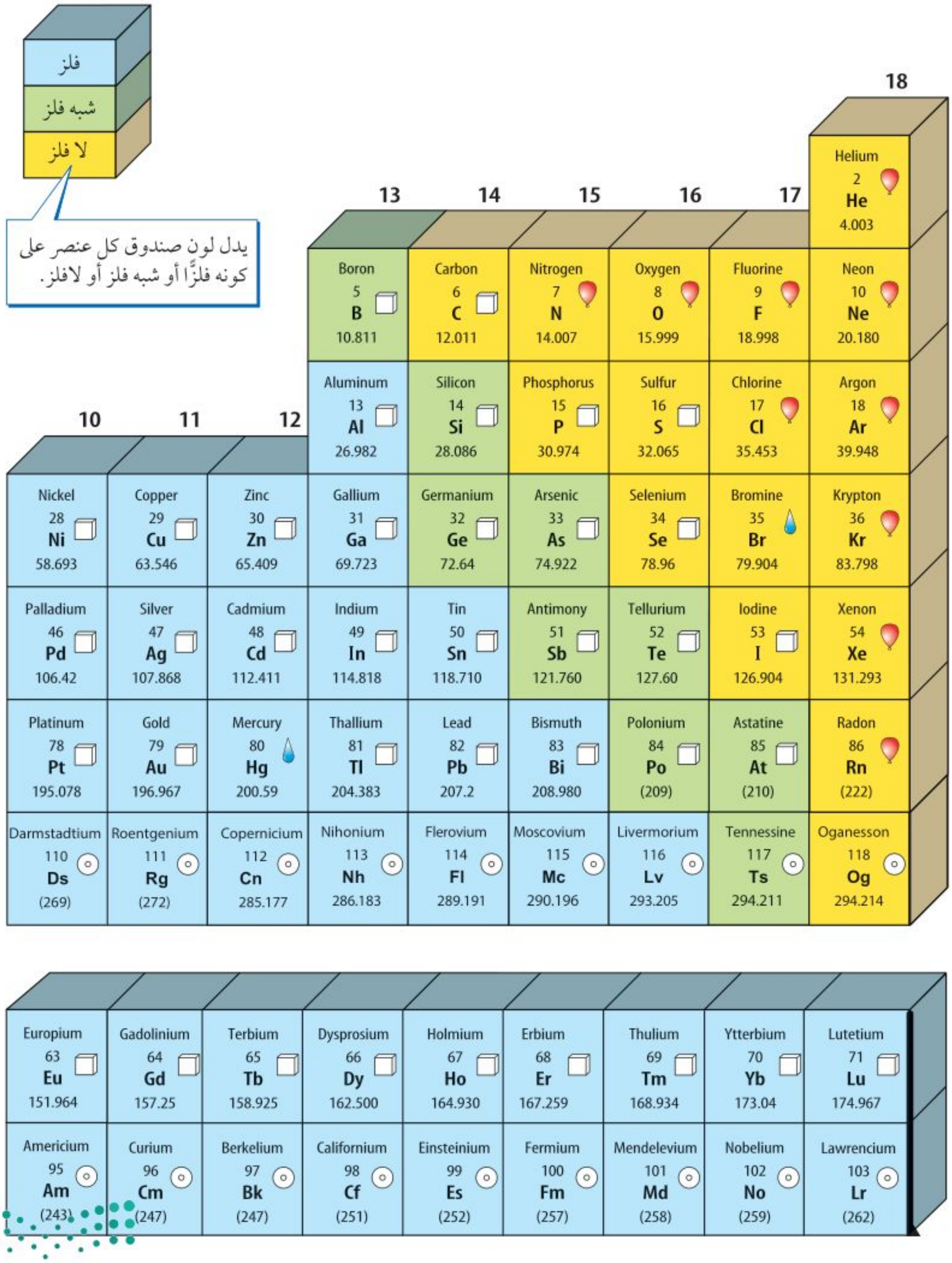
الفلزات القلوية العناصر عن يسار الجدول جميعها فلزات إلا الهيدروجين، وتُسمى عناصر المجموعة 1 (ما عدا الهيدروجين) **الفلزات القلوية**. ونظرًا إلى شدة نشاطها فهي غالبًا ما تكون موجودة في الطبيعة على هيئة مركبات مع عناصر أخرى. ومن الفلزات القلوية الشائعة الصوديوم Na وهو أحد مكونات ملح الطعام، والليثيوم Li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

الفلزات القلوية الأرضية توجد **الفلزات القلوية الأرضية** في المجموعة 2، وهي أيضًا سريعة التفاعل. ويُعد عنصرا الكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg من الفلزات المفيدة لصحة الجسم، وهما من الفلزات القلوية الأرضية. والماغنسيوم صلب، ووزنه خفيف نسبيًّا، لذا يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية، ومنها الحواسيب المحمولة، كما في **الشكل 4–3**.

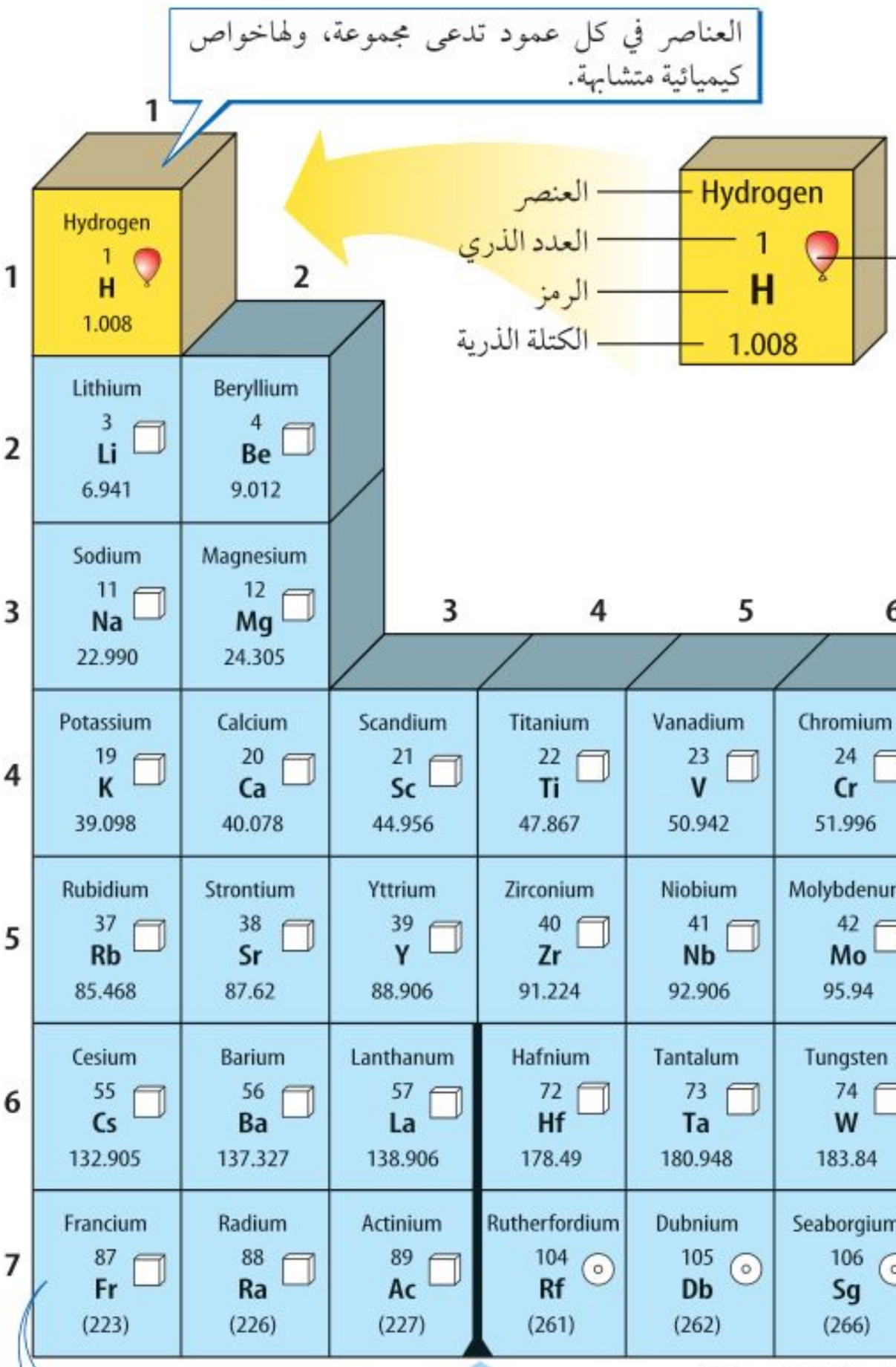
الشكل 4–3 لأن الماغنسيوم خفيف وقوي يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية. فمثلاً الإطار الخارجي لهذا الحاسب الآلي المحمول مصنوع من الماغنسيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 3-5 الجدول الدوري للعناصر



العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولهاخواص كيميائية متشابهة.

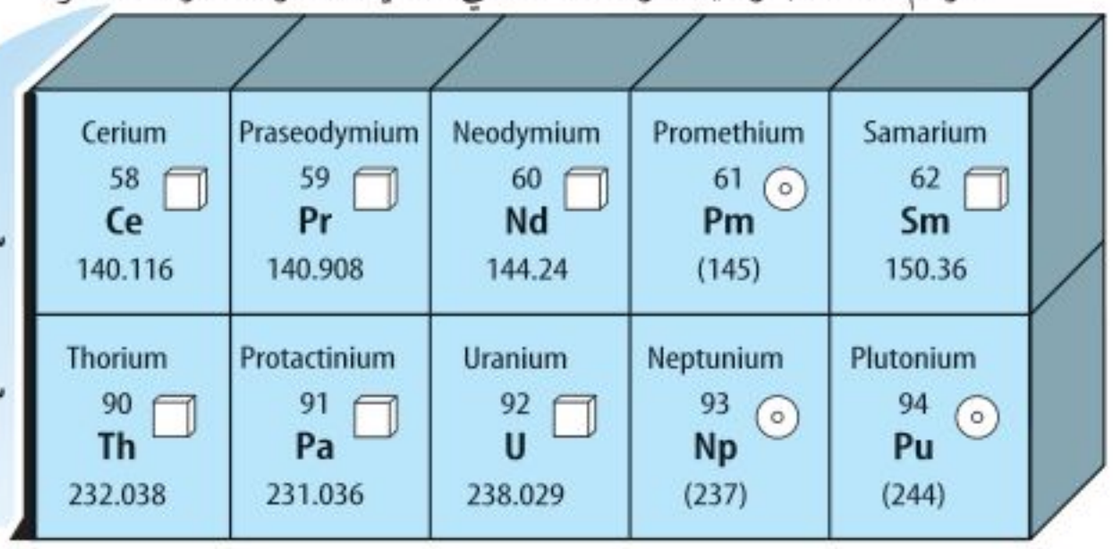


حالة المادة

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة.بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.



يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيرًا للمكان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في خواص العناصر

عنصر الفرانسيوم: هل هو صلب أم سائل أم غاز؟ اكتُشف الفرانسيوم في عام 1939م إلاّ أن مندليف تنبأ بوجوده 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** نمط التغير في كل خاصية واردة في الجدول، بحيث يمكنك استقراء القيم الخاصة بعنصر الفرانسيوم، مسترشدًا بقانون تدرج الخواص.
2. **توقع** ما إذا كان عنصر الفرانسيوم صلبًا أم سائلاً أم غازًا. وكيف يمكن دعم هذا التوقع؟

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	؟	؟	؟

3. **استدل** أي عمود من أعمدة البيانات يظهر أكثر احتمالاً للخطأ في التوقع؟ اشرح ذلك.
4. **وضّح** لماذا لا يكفي إنتاج مليون ذرة من عنصر الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات؛ مثل قياس الكثافة ودرجة الانصهار؟

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

الربط مع علم الأحياء **اللافلزات** توجد اللافلزات في الجزء العلوي الأيمن من الجدول الدوري. وقد تم تمثيلها بالمربعات الصفراء، كما في **الشكل 5–3**، 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**. وتكون الهالوجينات عادة في صورة مركبات – كما في المجموعتين 1 و 2 – وتضاف المركبات التي تحتوي على الفلور إلى معجون الأسنان وماء الشرب لحماية الأسنان من التسوس. وتسمى عناصر المجموعة 18 الخاملة جدًّا **الغازات النبيلة**، وتستخدم في المصابيح الكهربائية وإشارات (لوحات) النيون.

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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 6–3 قام العلماء المهتمون بتطوير تقنيات الغواصات بصنع غواصة آلية على صورة سمكة، قادرة مثلها على السباحة. وصنع جسم الغواصة الآلية من راتنج السليكون الذي يصبح ليناً في الماء.

أشباه الفلزات تُعرف العناصر في المربعات الخضراء على جانبي الخط المتعرج في **الشكل 5–3** **بأشباه الفلزات**. ولأشباه الفلزات خواص فيزيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات معًا. فالسليكون Si والجرمانيوم Ge من أشباه الفلزات المهمة المستخدمة بكثرة في صناعة رقائق الحاسوب والخلايا الشمسية، كما يستخدم السليكون في الجراحة التجميلية والتطبيقات التي تحاكي الواقع، كما في **الشكل 6–3**.

ويمكنك الرجوع إلى دليل العناصر الكيميائية في نهاية هذا الكتاب لمعرفة المزيد عن مختلف مجموعات العناصر.

التقويم 3-1

الخلاصة

- تم ترتيب العناصر قديماً في الجدول الدوري وفق كتلها الذرية تصاعدياً مما نجم عنه وضع بعض العناصر في غير أماكنها وقد تم ترتيبها لاحقاً وفقاً 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، وماير، وموزلي في ذلك.
2. **ارسم** مخططًا مبسطًا للجدول الدوري، وأشر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
3. **صِف** الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.
4. **حدّد**: أي العناصر الآتية عناصر ممثلة، وأيها عناصر انتقالية؟
   a. ليثيوم Li b. بلاتين Pt
   c. بروميثيوم Pm d. كربون C
5. **قارن** اكتب اسمَيْ عنصرين لهما خصائص مشابهة لكل من:
   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 أقل من ضعف عدده 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–2

الأهداف

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

مراجعة المفردات

إلكترونات التكافؤ: إلكترونات موجودة في مستوى الطاقة الأخير للذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لها.

تصنيف العناصر

Classification of the Elements

الفكرة الرئيسة **رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.**

الربط مع الحياة إذا أردت توصيل رسالة إلى شخص ما فلا يكفي أن تعرف رقم بيته فقط، بل يجب أن تعرف عنوان البيت كاملًا: في أي شارع هو؟ وأي مدينة؟ وأي منطقة؟ وبالطريقة نفسها يتم تعرف العناصر من خلال توزيعها الإلكتروني.

ترتيب العناصر وفق التوزيع الإلكتروني

Organizing the Elements by Electron Configuration

يحدِّد التوزيع الإلكتروني الخواص الكيميائية للعنصر. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح **الجدول 3–3** التوزيع الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، حيث يوجد إلكترون واحد في مستوى الطاقة الأخير لكل عنصر فيها.

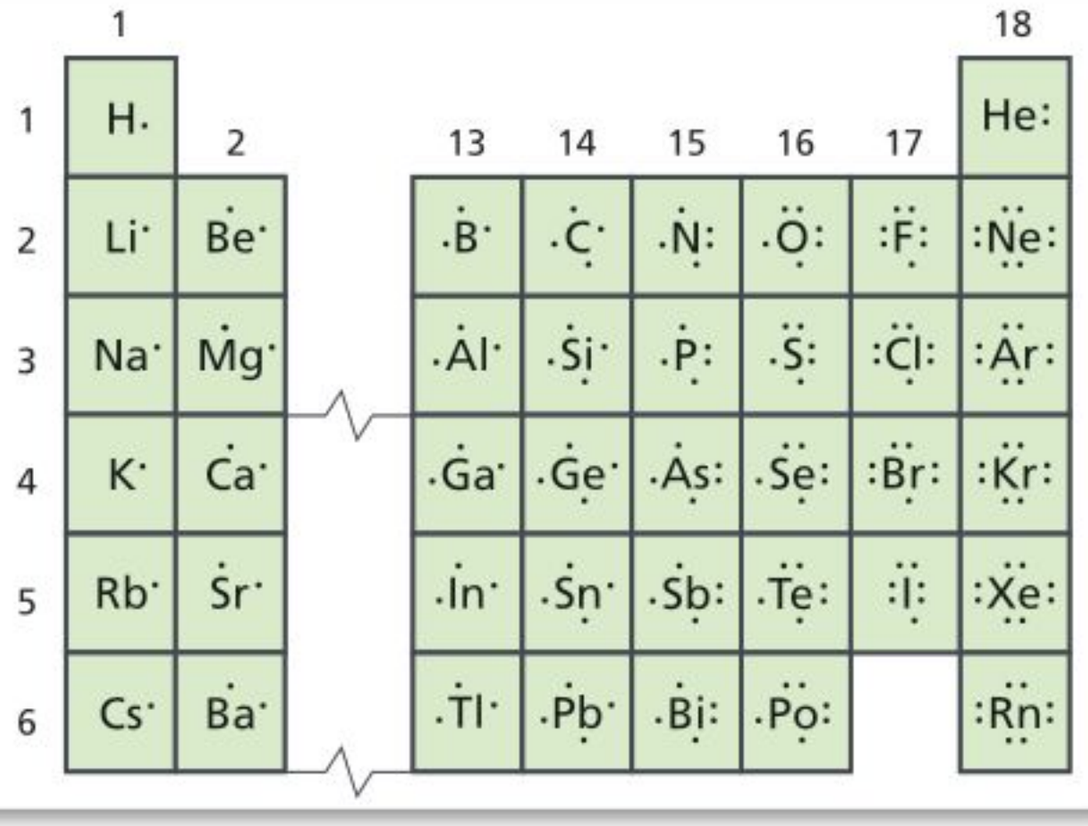
إلكترونات التكافؤ يوجد لكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخير. لذا تتشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي على العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتُعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة الأولى إلكترون تكافؤ واحد له التوزيع الإلكتروني s^1. ولكل عنصر في المجموعة الثانية اثنانِ من إلكترونات التكافؤ توزيعهما الإلكتروني s^2، وللمجموعتين 1 و2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعه الخاص من إلكترونات التكافؤ.

إلكترونات التكافؤ والدورة يحدَّد 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 إلكترونات تكافئه تقع في مستوى الطاقة الرابع، لذا يكون عنصر الجاليوم في الدورة الرابعة.

الجدول 3-3 التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة 1

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



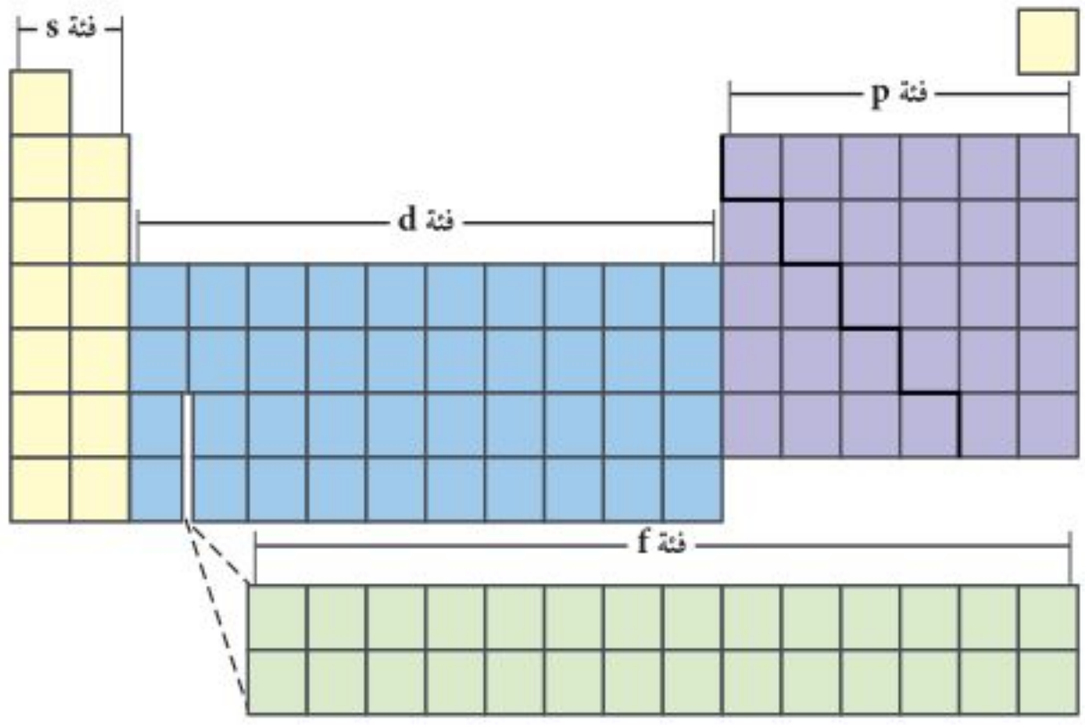
الشكل 7–3 يوضح الشكل التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ لمعظم العناصر الممثلة.

لاحظ كيف يتغير عدد إلكترونات التكافؤ من مجموعة إلى أخرى، وكيف يتغير ضمن المجموعة الواحدة؟

إلكترونات تكافؤ العناصر الممثلة عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، ولعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن لعناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأمـا عناصر المجموعة 14 فلها أربعة إلكترونات تكافؤ، وهكذا. وأمّا عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونَا تكافؤ فقط. يبين **الشـكل 7–3** كيف يسـاعد التمثيل النقطي للإلكترونات على الربط بـين رقم المجموعة وعدد إلكترونات التكافؤ. لاحظ أن عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعات من 13 إلى 18 يساوي رقم الآحاد فيها.

عناصر الفئات Block Elements s,p,d,f

يحتـوي الجدول الدوري أعمدةً وصفوفًا ذات أحجام متفاوتة. ويعود السـبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسّم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الثانوية للذرة، والتي تحتوي على إلكترونات التكافؤ. ولوجود أربعة مسـتويات طاقة ثانوية (s, p, d, f) فقد تم تقسيم الجدول الدوري إلى أربع فئات مختلفة كما في **الشكل 8–3**.



الشكل 8–3 ينقسم الجدول الدوري إلى أربع فئات هي s, p, d, f.

حلل ما العلاقـة بين الحد الأقصى لعدد الإلكترونـات التـي يمكـن أن توجـد في مستوى الطاقة الفرعي وحجم الفئة في الشكل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 4-3 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	$[Ar]\,4s^2\,3d^{10}\,4p^6$

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

عناصر الفئة - p وبعد امتلاء المستوى الثانوي s بإلكترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئة المستوى الثانوي p. وتشمل مجموعات العناصر 13 – 18، في الجدول الدوري، التي لها مستويات p الفرعية الممتلئة كليًّا أو جزئيًّا بإلكترونات التكافؤ. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الثانوية 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 مستويات p الفرعية الثلاثة تتسع لـ 6 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 4–3** التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الأربعة الأولى. إن مستويات الطاقة الفرعية s وp في مستويات الطاقة الخارجية لها ممتلئة تمامًا بالإلكترونات. وينتج عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار بنائها الذري.

المفردات

الاستعمال العلمي

البنية: Structure

شيءٌ ما يتم عمله من عناصر أو أجزاء مترابطة بعضها ببعض.

اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

الشكل 9–3 تاريخ الجدول الدوري

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

عناصر الفئة - d تحتوي على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d تتميز بامتلاء كلي للمستوى الفرعي s من مستوى الطاقة الرئيس n، وبامتلاء جزئي أو كلي لمستويات d الفرعية من مستوى الطاقة n–1. وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بتعبئة المستوى 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 المستوى الخارجي s الممتلئ في عنصر التيتانيوم يكون في المستوى الرئيس $n = 4$، في حين أن المستوى d شبه الممتلئ يكون في المستوى الرئيس n=3. ينص مبدأ أوفباو aufbau على أن المستوى 4s له طاقة أقل من طاقة المستوى 3d. لذا فإن المستوى 4s يمتلئ قبل المستوى 3d. ولأن مستويات d الفرعية الخمسة تتسع لـ 10 إلكترونات لذا فإن العناصر فئة d تمتد على مدى 10 مجموعات في الجدول الدوري.

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

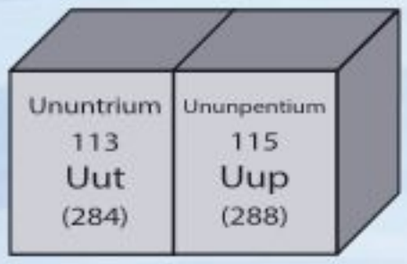
لذا تحدد الفئات s و p و d و f شكل الجدول الدوري. وكلما انتقلت إلى أسفل في الجدول الدوري يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة، كما يزداد عدد المستويات الفرعية التي تحتوي على الإلكترونات. لاحظ أن الدورة رقم 1 تحتوي على عناصر الفئة s فقط، في حين تحتوي الدورتان الثانية والثالثة على عناصر من الفئتين s، p، أمّا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

لقد استغرق تطوير الجدول الدوري سنين عديدة، وما زالت عملية التطوير جارية؛ حيث يتم تحضير العناصر بطريقة صناعية باستمرار. ارجع إلى **الشكل 9–3** 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.



1940م تم ضم العناصر المحضرة صناعيًّا التي لها عدد ذري أكبر من 92 إلى فئة جديدة في الجدول تُسمى الأكتنيدات.

1950

1965

1969م قام الباحثون في جامعة بيركلي بتحضير أول العناصر الصناعية الأثقل من الأكتنيدات، وفترة عمر النصف له 4.7s وسمِّي رذرفورديوم.

1980

1985م تبنى الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحتة والتطبيقية الجدول الدوري الحالي المستخدم في أنحاء العالم.

1995

1999م أعلن بعض الباحثين اكتشاف العنصر 114، وسمي أونوكواديوم (الذي أطلق عليه - لاحقًا - الفليروفيوم). ويعتقد العلماء أن هذا العنصر ربما يكون أول العناصر ذات الاستقرار النسبي ضمن المحضرة صناعيًّا.

2010

2004م أعلن علماء من روسيا عن اكتشاف العنصرين 113 و115.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 1–3

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

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

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

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.** $[Kr]\,5s^2$ **d.** $[Xe]\,6s^2$

9. بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية لإلكترونات تكافئها:

a. $s^2\,d^1$ **b.** $s^2\,p^3$ **c.** $s^2\,p^6$ **d.** $s^2\,d^5$

10. تحفيز 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 3-2

الخلاصة

- يحتوي الجدول الدوري على 4 فئات هي s, p, d, f.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- عناصر المجموعتين 1 و2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
- يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.

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. توقّع 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، p، d، f.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–3

الأهداف

- **تقارن** بين أنماط التغير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والمجموعات.
- **تربط** التدرج في أنصاف أقطار الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها، وطاقة تأينها، وسالبيتها الكهربائية.

مراجعة المفردات

مستوى الطاقة الأساسي: هو مستوى الطاقة الرئيس للذرة.

المفردات الجديدة

الأيون

طاقة التأين

الكهروسالبية

القاعدة الثمانية

تدرج خواص العناصر Periodic Trends

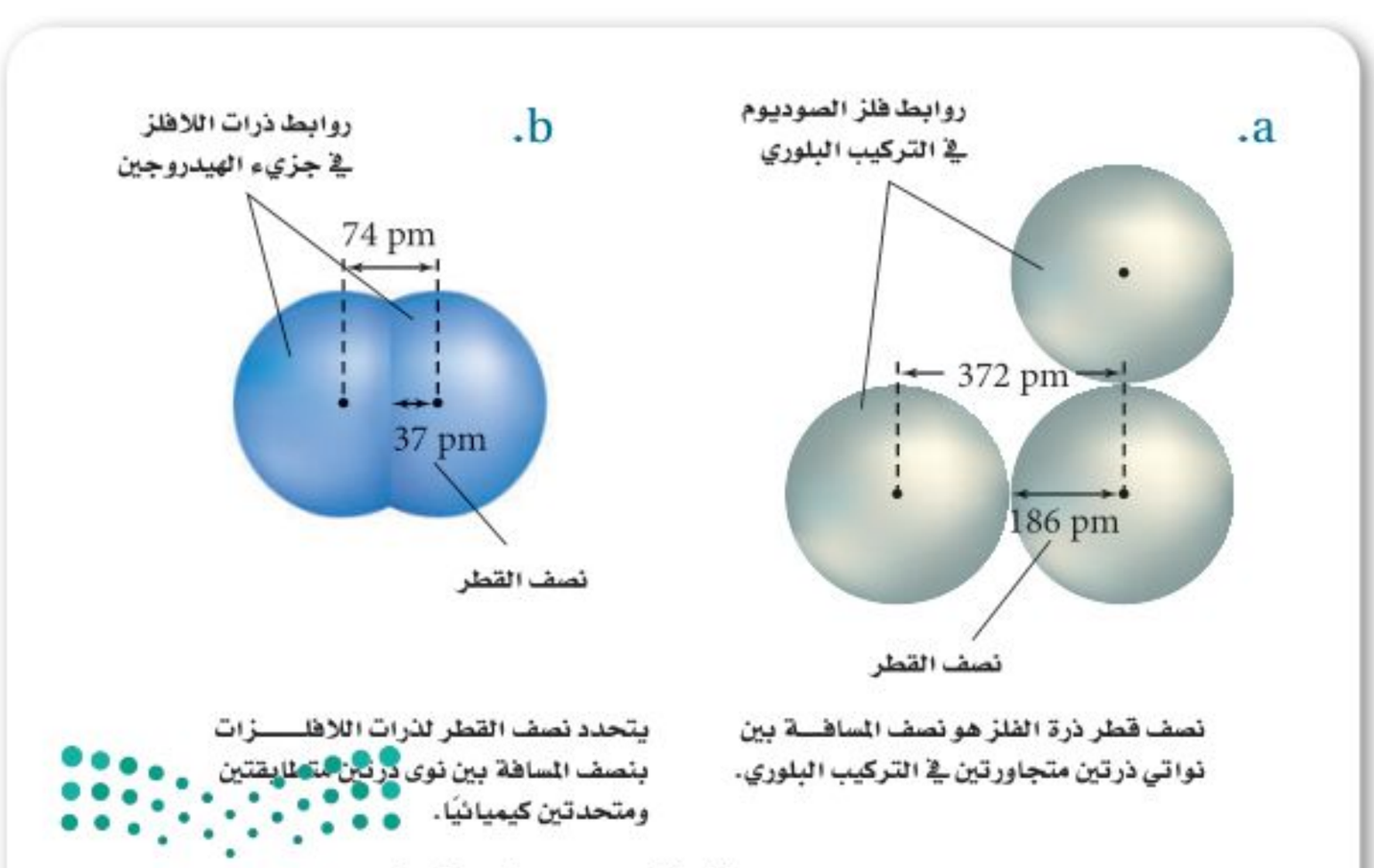
الفكرة الرئيسة **يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان إلكترونات أو اكتسابها.**

الربط مع الحياة يساعد التقويم على تتبع النشاطات في حياتنا؛ حيث يتكرر نمط الأسبوع من السبت إلى الجمعة. فإذا دونت بعض النشاطات اليومية سلفًا استطعت توقع ما يحدث في هذا اليوم من ذلك الأسبوع. وكذلك يتيح لنا ترتيب العناصر في الجدول الدوري تعرُّف خواص العديد من هذه العناصر.

نصف قطر الذرة Atomic Radius

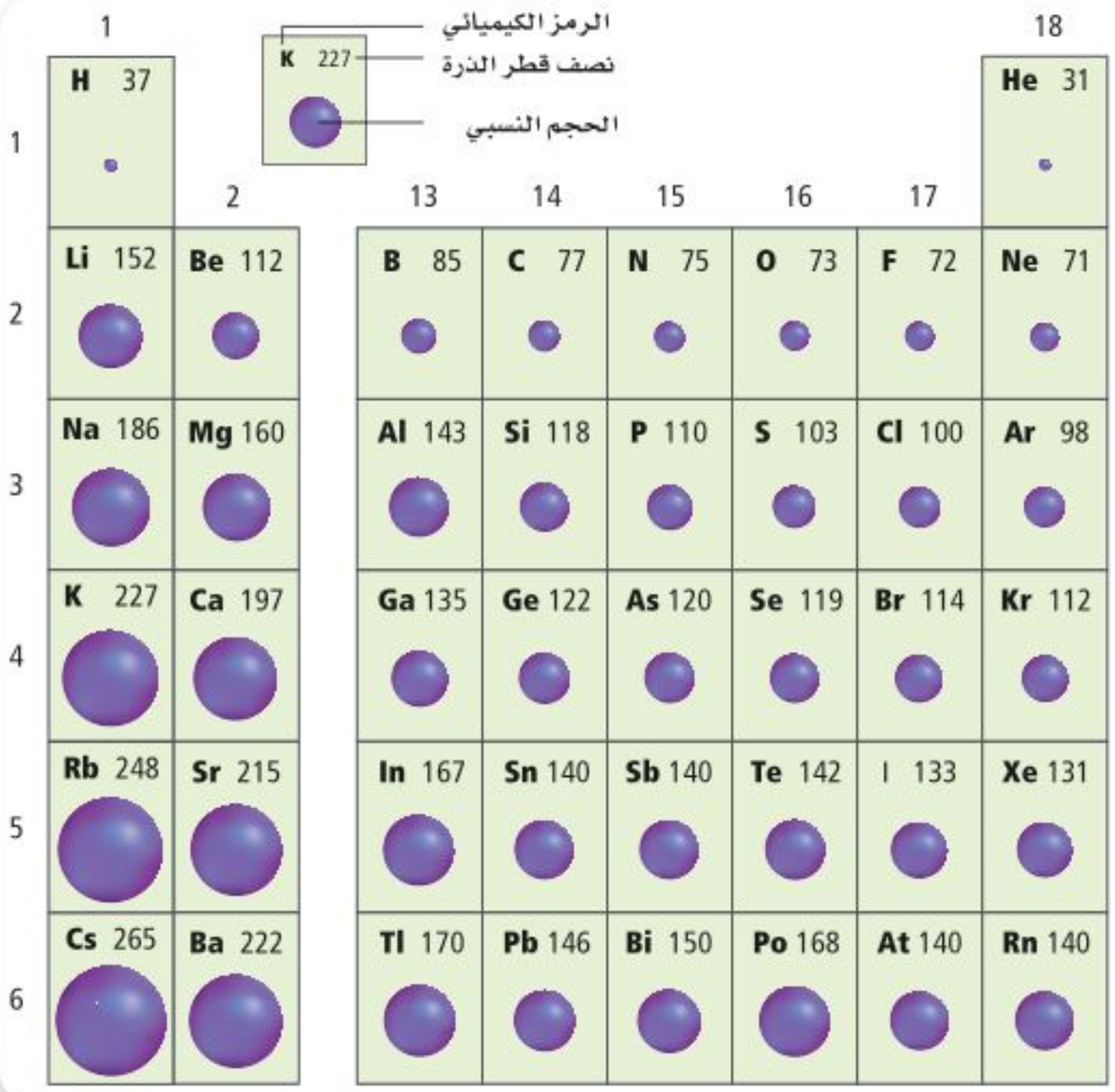
يتغير الكثير من خواص العناصر بشكل متوقع، ويعرف ذلك التغير بالنمط، وهذا ما يحدث عند الانتقال عبر الدورة، أو المجموعة. إن حجم الذرة من الخواص الدورية الذي يتأثر بالتوزيع الإلكتروني. ويعرف الحجم الذري بمقدار اقتراب ذرة من ذرة أخرى مجاورة لها. ولأن طبيعة الذرة المجاورة تختلف من مادة إلى أخرى، لذا فإن حجم 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 3–10a**. أما بالنسبة للعناصر التي توجد على شكل جزيئات – ومنها اللافلزات – فيعرف نصف قطر الذرة بنصف المسافة بين نوى الذرات المتطابقة والمتحدة كيميائيًّا بروابط فيما بينها. ويوضح **الشكل 3–10b** نصف قطر جزيء ثنائي الذرة مثل الهيدروجين H_2.



الشكل 3–10 تعتمد أنصاف أقطار الذرات على نوع الروابط التي تكوّنها الذرات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 11-3 تتغير أنصاف أقطار العناصر الممثلة 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 نصف القطر الذري عبر الدورات يتناقص في الغالب نصف القطر عند الانتقال من يسار الدورة إلى يمينها. وسبب هذا التغير – كما في **الشكل 11–3** – هو زيادة الشحنة الموجبة في النواة مع بقاء مستويات الطاقة الرئيسة في الدورة ثابتًا؛ حيث يزداد – بالانتقال من اليسار إلى اليمين في الدورة – عدد البروتونات (شحنة موجبة) في نواة ذرة العنصر بروتونًا عن ذرة العنصر الذي قبله، بينما يبقى عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية ثابتًا، ويزداد عدد إلكترونات التكافؤ واحدًا أيضًا. وحيث لا يزداد حجب إلكترونات التكافؤ عند الزيادة في شحنة النواة، فإن شحنة النواة تجذب إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لتصبح أقرب إلى النواة.

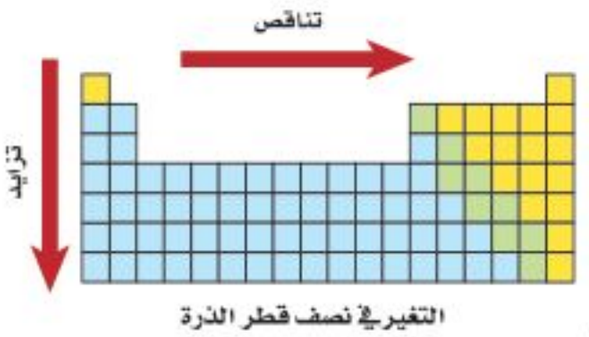
ماذا قرأت؟ ناقش كيف يفسّر نقصان نصف القطر عبر الدورة في الجدول الدوري، مع بقاء مستوى الطاقة الرئيس دون تغير؟

تدرج نصف القطر الذري عبر المجموعات يزداد في الغالب نصف قطر الذرة عند الانتقال إلى أسفل المجموعة؛ فعند الانتقال من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة تقابل الزيادة في الشحنة الموجبة في النواة زيادة في عدد إلكترونات مستويات الطاقة الداخلية؛ أي أنّ شحنة النواة المؤثرة في إلكترونات مستوى الطاقة الأخير تبقى ثابتة تقريبًا لعناصر المجموعة الواحدة. وفي المقابل يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة (قيمة عدد الكم الرئيس n) مما يجعل إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي أبعد عن النواة، ويقلل ازدياد هذه المسافة من تأثير الجذب الناتج عن زيادة شحنة النواة. كما تقوم مستويات الطاقة الإضافية بين النواة والإلكترونات الخارجية بحجب هذه الإلكترونات عن النواة. ويلخص **الشكل 12–3** هذه التغيرات عبر الدورة والمجموعة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 12–3 ينقص نصف القطر عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، ويزداد كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 2–3

فسر التدرج 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 **الشكل 11–3**، وفسر إجابتك حسب اتجاه التغير في أنصاف الأقطار.

1 تحليل المسألة

إذا كان لديك 4 عناصر فحدد أولاً رقم كل من المجموعة والدورة التي يشغلها كل عنصر، ثم استخدم نمط التغير العام لنصف القطر لتحديد أي العناصر نصف قطر ذرته أكبر.

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: Li، و Be، وC، وF.

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.

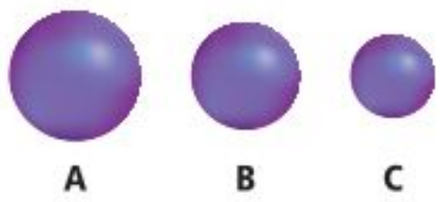
وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في **الشكل 11–3** نتحقق من الإجابة.

مسائل تدريبية

استعن بمعرفتك بأنماط التغير في نصف قطر الذرة عبر الدورة والمجموعة؛ للإجابة عن الأسئلة الآتية، دون استخدام قيم نصف قطر الذرة في الشكل 11–3.

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

17. يبين الشكل المجاور عناصر الهيليوم، والكربتون والرادون. أيها يمثل عنصر الكربتون؟ 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 العدد الذري للآخر؟ فسّر إجابتك.

19. تحفيز حدّد أي العنصرين في كل زوج مما يأتي له نصف قطر أكبر:

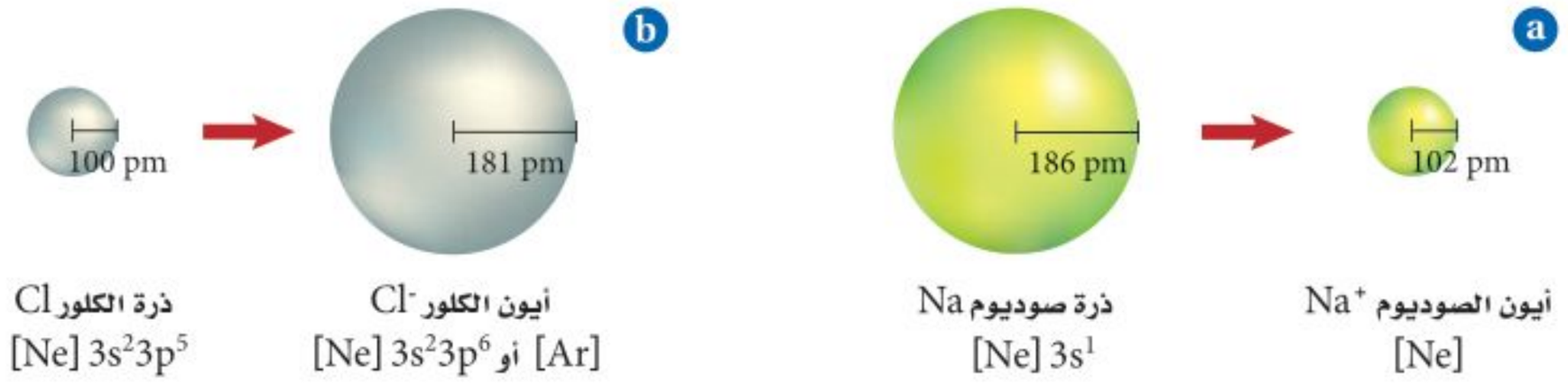
a. عنصر في الدورة 2 والمجموعة 1، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 18

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 13-3

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 اكتساب إلكترون أو أكثر لتكوين الأيونات. ولأن الإلكترونات سالبة الشحنة فإن الذرات تصبح مشحونةً عندما تكتسب الإلكترونات 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. وقد ينتج عن فقدانه فراغ المدار الخارجي، مما يسبب نقصان نصف القطر. ثانيًا: يقلّ التنافر بين ما تبقى من الإلكترونات، بالإضافة إلى زيادة التجاذب بينها وبين النواة ذات الشحنة الموجبة، مما يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة.

المطويات

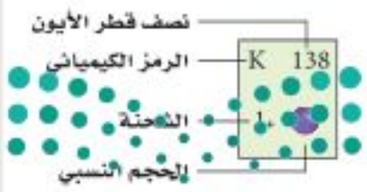
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

عندما تكتسب الذرات إلكترونات وتكون أيونات سالبة يزداد حجمها؛ لأن إضافة إلكترون إلى الذرة يولّد تنافرًا أكبر مع إلكترونات المستوى الخارجي، ويدفعها بقوة نحو الخارج. وينتج عن زيادة المسافة بين الإلكترونات الخارجية زيادة في مقدار نصف القطر مما لا يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة. ويوضح **الشكل 13a–3** كيف يقل نصف قطر ذرة الصوديوم عندما تكوّن أيونًا موجبًا، كما يوضح **الشكل 13b–3** كيف يزيد نصف قطر ذرة الكلور عندما تكون أيونًا سالبًا.

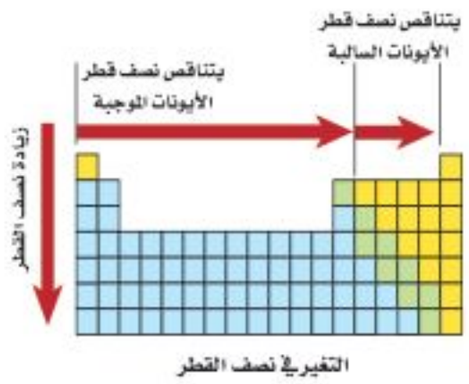
الشكل 14–3 يوضح نصف القطر الأيوني للعناصر الممثلة مقيسًا بوحدة pm (10^{-12}m).

فسر لماذا يزيد نصف قطر الأيون الموجب والأيون السالب عند الانتقال إلى أسفل المجموعة في معظم المجموعات؟

الدورات	1	2	13	14	15	16	17
2	Li 76, 1+	Be 31, 2+	B 20, 3+	C 15, 4+	N 146, 3-	O 140, 2-	F 133, 1-
3	Na 102, 1+	Mg 72, 2+	Al 54, 3+	Si 41, 4+	P 212, 3-	S 184, 2-	Cl 181, 1-
4	K 138, 1+	Ca 100, 2+	Ga 62, 3+	Ge 53, 4+	As 222, 3-	Se 198, 2-	Br 195, 1-
5	Rb 152, 1+	Sr 118, 2+	In 81, 3+	Sn 71, 4+	Sb 62, 5+	Te 221, 2-	I 220, 1-
6	Cs 167, 1+	Ba 135, 2+	Tl 95, 3+	Pb 84, 4+	Bi 74, 5+		



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 15–3 يلخص الشكل التغير العام في نصف قطر الأيون.

تجربة عملية

خواص الجدول الدوري للعناصر

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تدرج نصف قطر الأيون عبر الدورات يوضح **الشكل 14–3** أنصاف أقطار أيونات معظم العناصر الممثلة. لاحظ أن العناصر التي في الجهة اليسرى من الجدول تكون أيونات موجبة أصغر حجمًا، في حين تكوِّن العناصر التي في الجهة اليمنى من الجدول أيونات سالبة أكبر حجمًا. وفي الغالب، كلما تحركت من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تناقَص حجم الأيون الموجب. وعند بداية المجموعة 15 أو 16 يتناقص حجم الأيون السالب أيضًا تدريجيًّا.

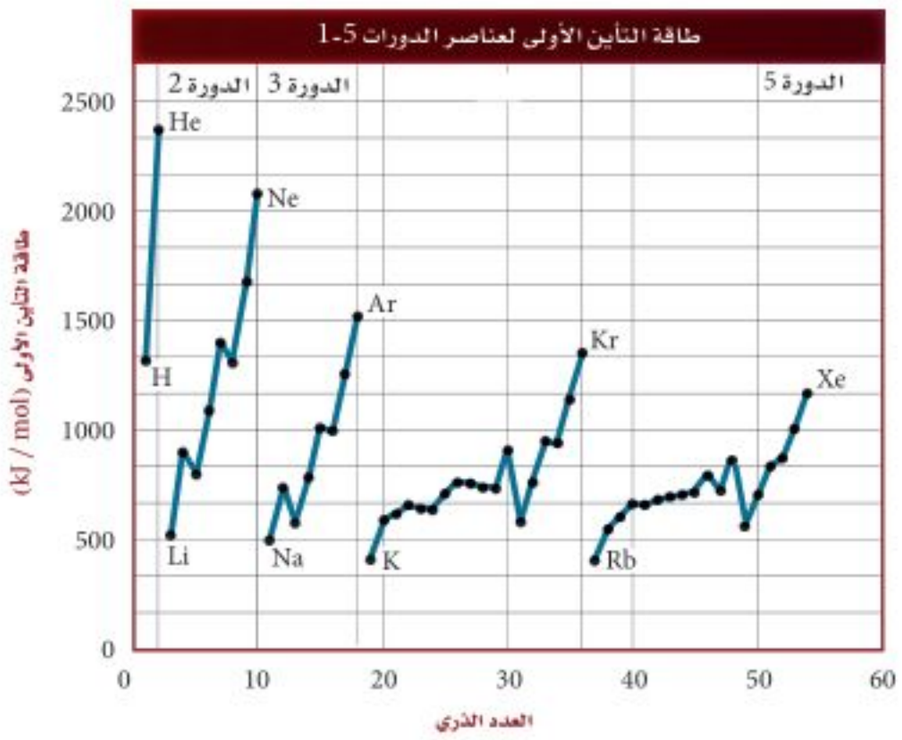
تدرج نصف قطر الأيون عبر المجموعات عندما تنتقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل فإن إلكترونات المستويات الخارجية في الأيون تكون في مستويات طاقة أعلى؛ مما ينتج عنه زيادة في حجم الأيون. لذا يزداد نصف قطر كل من الأيونات الموجبة والسالبة عند الانتقال إلى أسفل خلال المجموعة. ويلخص **الشكل 15–3** اتجاه التغير في نصف قطر الأيونات عبر المجموعات والدورات.

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 العنصر في الحالة الغازية. فمثلاً نحتاج إلى 8.64×10^{-19} J لانتزاع إلكترون من ذرة الليثيوم في الحالة الغازية. وتسمى الطاقة اللازمة لانتزاع أول إلكترون من الذرة المتعادلة طاقةَ التأين الأولى. لذا فطاقة التأين الأولى لليثيوم هي 8.64×10^{-19} J. كما ينتج عن فقدان الإلكترون تكوين أيون Li^+. ويبين **الشكل 16–3** 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 تكافئها. لذا تشير طاقة التأين الكبيرة إلى أن القوة التي تمسك النواة بهذه الإلكترونات كبيرة أيضًا. ولذا تميل الذرات التي قيم طاقة تأينها كبيرة إلى تكوين الأيونات السالبة. فعلى سبيل المثال، لطاقة تأين الليثيوم المنخفضة أهمية في صنع بطاريات الحاسوب؛ فسهولة خسارة الإلكترونات يساعد البطارية على إنتاج قدرة كهربائية أكبر.



الشكل 16–3 يوضح طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات **1–5** مقارنةً بالعدد الذري لها.

اختبار الرسم البياني

صف اتجاه التغير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 5-3 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

تُمثل كل مجموعة من النقاط المتصلة في الرسم الموضح في **الشكل 16–3** 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 تكوّن أيونات في أغلب الأحيان؛ حيث إن التوزيع الإلكتروني المستقر لهذه العناصر يحد من نشاطها الكيميائي.

انتزاع أكثر من إلكترون قد تنتزع إلكترونات أخرى بعد انتزاع الإلكترون الأول من الذرة. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثانٍ من أيون أحادي الشحنة الموجبة طاقةَ التأين الثانية. وتُسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاعُ إلكترون ثالث من أيون ثنائي الشحنة الموجبة طاقةَ التأين الثالثة، كما هو موضح في **الجدول 5–3**.

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) أكبر 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.

تدرج طاقة التأين عبر الدورات يتبين من **الشكل 16–3** والقيم في **الجدول 5–3**، أن طاقة التأين الأولى تزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتُنتج الزيادةُ في شحنة نواة كل عنصر زيادةً في قوة جذبها لإلكترونات التكافؤ.

الكيمياء في واقع الحياة

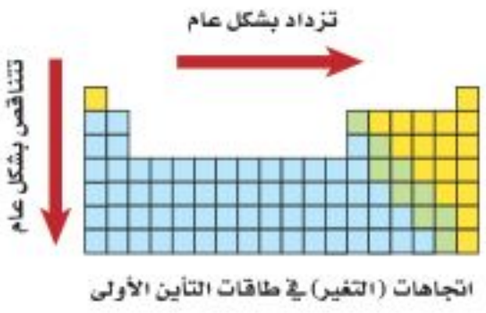
طاقة التأين

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 بتفاعله كيميائيًا مع الدم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تـدرج طاقـة التأين عبر المجموعات تقل طاقة التأين الأولى عند الانتقال من أعلى إلى أسـفل المجموعـة. ويعود ذلك إلى زيادة حجم الذرة، والحاجة إلى طاقة أقل لانتزاع الإلكترون كلما ابتعد الإلكترون عن النواة، كما هو موضح في **الشكل 17–3**.



الشـكل 17-3 تـزداد طاقـة التأيـن عنـد الانتقـال من اليسـار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص عند الانتقال إلى أسفل المجموعة.

الشـكل 18-3 يوضـح قيـم الكهروسـالبية لمعظـم العناصر المعطاة بوحدات "باولنج".

استنتج لمـاذا لـم تـوضـع قيم الكهروسالبية للعناصر النبيلة؟

الكهروسالبية (السالبية الكهربائية) Electronegativity

تعرف **الكهروسـالبية** على أنها مدى قابلية ذرات العنصر على جذب الإلكترونات في الرابطة الكيميائية. ويبين **الشكل 18–3** أن الكهروسالبية غالبًا تقل عند الانتقال إلى أسفل المجموعة، وتزاداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة.

وتـتراوح قيم الكهروسـالبية للعناصر بـين 0.7 و 3.98 ووحدتها باولنج؛ نسـبة إلى العـالم الأمـريكـي باولنج Pauling (1901–1994م) فالفلور F مثلاً 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 الكهروسـالبية الكبرى قوة جذب أكبر لإلكترونات الرابطة. ولذا لم تُعين قيم الكهروسالبية للغازات النبيلة؛ لأنها تشكل عددًا قليلاً من المركبات.

تجربة

رتب العناصر

كيف تتدرج الخواص؟

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل بطاقـة تعريف لكل عنصر من واقـع المعلومات في الجدول المقابل.
3. اعمل جدولًا في هيئة مصفوفة (4 أعمدة × 3 صفوف).
4. رتب بطاقات العناصر تصاعديًّا حسب كتلها.
5. ابدأ بوضع البطاقات في الجدول مراعيًا تسلسل كتل العناصر وخصائصها، واترك مربعات فارغة عند الضرورة.

التحليل

1. **اعمل** جدولًا تبين فيه التنظيم في صورته النهائية.
2. **صف** التدرج في اللون عبر الدورة وعبر المجموعة في التنظيم الذي أعددته.
3. **صـف** التدرج في الكتلـة عبر الدورة وعـبر المجموعة في التنظيم الذي أعددته، وفسر موقع أي عنصر لا ينسجم مع النمط.
4. **توقـع** أين يمكن وضع عنصر غازي جديد اسـمه ph في الجدول الذي أعددته؟ وما مقدار كتلة ph؟
5. **توقع** خواص العنصر الذي سيحتل الفراغ الأخير في الجدول.

الرمز	الكتلة (g)	الحالة	اللون
Ad	52.9	صلب/ سائل	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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القاعدة 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** Na ؛ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ **أيون الصوديوم** Na^+

لاحظ أن التوزيع الإلكتروني لأيون Na^+ مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وتؤدي هذه الملاحظة إلى أحد أهم المبادئ الكيميائية، وهو القاعدة الثمانية. تنص **القاعدة 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 لمستويات s و p الفرعية لنفس مستوى الطاقة الممتلئة بالإلكترونات يكون أكثر استقرارًا. 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، إلا أنه – بطريقة مشابهة – تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

تجربة عملية

تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 3-3

الخلاصة

- يتناقص نصف قطر الأيون أو الذرة من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، ويزداد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تزداد طاقة التأين غالبًا من اليسار إلى اليمين عبر الدورات وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تنص القاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات أو تخسرها، أو تتشارك بها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تزداد الكهروسالبية غالبًا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

20. **الفكرة الرئيسة** فسر العلاقة بين التدرج في نصف قطر الذرة عبر الدورات والمجموعات في الجدول الدوري والتوزيع الإلكتروني.

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

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

22. **فسر** لماذا يحتاج انتزاع الإلكترون الثاني من ذرة الليثيوم إلى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الرابع من ذرة الكربون؟

23. **احسب** فرق الكهروسالبية، ونصف قطر الأيون، ونصف قطر الذرة، وطاقة التأين الأولى بين الأكسجين والبيريليوم.

24. **عمل الرسوم البيانية واستخدامها** مثّل بيانيًّا أنصاف أقطار العناصر الممثلة في الدورات 2، 3، 4 مقابل أعدادها الذرية. على أن تحصل على ثلاثة منحنيات منفصلة (منحنى لكل دورة). ثم لخص نمط التغير (التدرج) في نصف قطر الذرة عبر الدورة في ضوء الرسم الذي عملته. فسر إجابتك.

الكيمياء والصحة

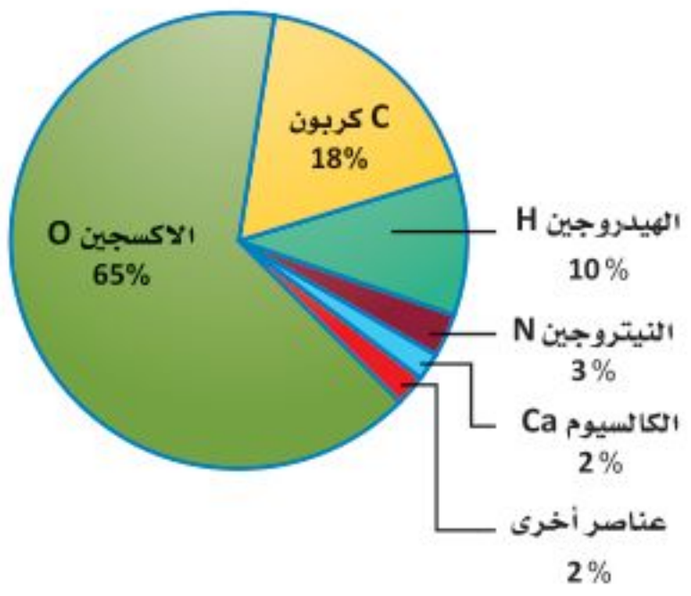
العناصر في جسم الإنسان

كلما أكل الإنسان أو تنفس أخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. ولهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتمادًا على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح **الشكل 1** النسبة المئوية الكتلية للعناصر في خلايا جسم الإنسان.

الأكسجين يوجد في جسم الإنسان البالغ ما يزيد على 14 بليون بليون بليون ذرة من الأكسجين. وقد يموت الإنسان خلال دقائق معدودة، إذا لم يُزوّد الدم بالأكسجين.

الكربون يكوِّن روابط قوية بين ذراته وذرات العناصر الأخرى، كما يكوِّن سلاسل طويلة تعد الهيكل العظمي الضروري للمركبات العضوية، ومنها الكربوهيدرات، والبروتينات والدهون. كما يعتمد جزيء DNA الذي يحدد الصفات الشكلية أو المظهرية 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 جدًّا. ولا يحتاج جسم الإنسان إلى الهيدروجين في صورة عنصر فقط، ولكن من خلال العديد من المركبات الضرورية ومنها الماء. ويعد الهيدروجين – بالإضافة إلى الأكسجين والكربون – جزءًا مهمًّا في تركيب الكربوهيدرات والمركبات العضوية التي يحتاج إليها الجسم للحصول على الطاقة.



الشكل 1 يتكون جسم الإنسان من الكثير 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 ضروريًّا للجسم. فمثلًا، لا تستطيع العظام والأسنان النمو دون التزود المستمر بالكالسيوم. وعلى الرغم من أن الكبريت يكوّن أقل من 1% من كتلة الجسم إلاّ أنه عنصر 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 المواد الغذائية المعلبة فقط؟ ما أهمية هذه العناصر رغم وجودها بكميات قليلة؟ ناقش هذه القضية مع زملائك في الصف.

مختبر الكيمياء

الكيمياء الوصفية (النوعية)

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

سؤال: كيف تتدرج خواص العناصر الممثلة؟

المواد والأدوات اللازمة

أنابيب قابلة للإغلاق
6 أنابيب اختبار
سـدادات أنابيب اختبـار وأوعية بلاسـتيكية تحوي كميات قليلة من العناصر
حامل أنابيـب اختبار
مخبار مدرج 10 mL
ملعقة صغيرة
جهاز التوصيل الكهربائي
قلم للكتابة على الزجاج
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 *M*
قلم رصاص

إجراءات السلامة

تحذير لا تفحص المواد الكيميائية بتذوقها. وحمض الهيدروكلوريك ذو التركيز 1 M ضار بالعين والملابس.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. لاحظ ثم دوِّن المظهر (الحالة الفيزيائية، اللون، اللمعان) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.
3. خذ عينة صغيرة من كل عنصر في الوعاء البلاسـتيكي، وضعها على سـطح صلب، واطرقها برفق. سـيصبح العنصر مسـطحًا إذا كان قابلاً للطرق. أما إذا كان هشًّا فسوف يتكسر إلى قطع صغيرة، ثم دوِّن ملاحظاتك.
4. حدد أي العنـاصر موصل للكهرباء باسـتخدام جهاز التوصيـل الكهربائي، ثم نظف الأقطاب بالماء، وجففها قبل فحص كل عنصر.
5. عنون كل أنبوب اختبار برمـز أحد العناصر في الأوعية البلاسـتيكية، ثم أضف 5 mL من المـاء إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبار المدرج.
6. أضف كمية صغيرة من كل عنـصر إلى أنبوب الاختبار الخاص به. ثم أضف 5 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl إلى كل أنبوب اختبار، وراقب كل أنبوب مدة دقيقة، واعلـم أن تكوّن الفقاعات يعدّ دليـلاً 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 أو 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 من الفضلات** تخلـص من المواد جميعها حسب تعليمات المعلم.

حلل واستنتج

1. **فسّر البيانات** اعتـمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.
2. **فسّر البيانات** اعتـمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للافلزات.
3. **فسّر البيانات** اعتـمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشباه الفلزات.
4. **اعمل نموذجًا** ارسـم مخططًا للجـدول الدوري وحدد مواقع العناصر الممثلة من المجموعة 1 إلى 17. بالاعتماد على الجدول الـدوري الوارد في هذا الفصـل والنتائج التي حصلت عليها من التجربة، سـجِّل رموز العناصر التي درستها في التجربة في مخطط الجدول الدوري الذي أعددته.
5. **اسـتنتج** كيف تتدرج خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يتيح لنا التدرج في خواص العناصر التنبؤ بالخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

3-1 تطور الجدول الدوري الحديث

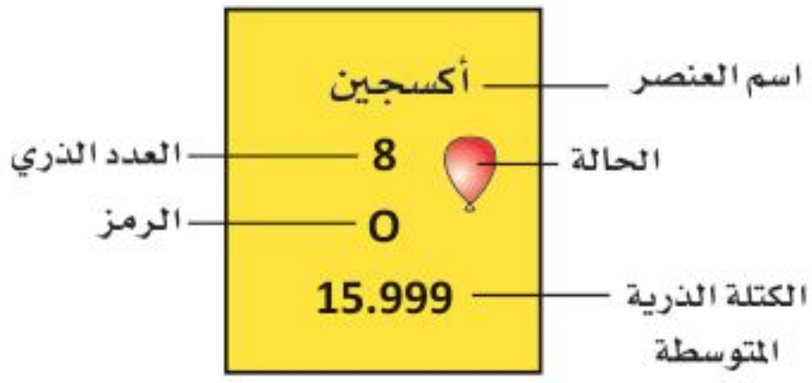
الفكرة الرئيسة لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجيًّا مع الوقت باكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

المفردات

- التدرج في خواص العناصر
- المجموعات
- الدورات
- العناصر الممثلة
- 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 صفاتها الكيميائية والفيزيائية تتكرر عند ترتيبها 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.



3-2 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسة رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات ودورات حسب أعدادها الذرية.

المفاهيم الرئيسة

- يحتوي الجدول الدوري على أربع فئات هي f,d,p,s.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- عناصر المجموعتين 1 و2 يتطابق فيها عدد إلكترونات التكافؤ مع رقم المجموعة.
- يتطابق رقم مستوى الطاقة الأخير الذي توجد فيه إلكترونات التكافؤ مع رقم الدورة التي يقع فيها العنصر.

3-3 تدرج خواص العناصر

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

المفردات

- الأيون
- طاقة التأين
- القاعدة 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 غالبًا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تنص القاعدة 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3-1

إتقان المفاهيم

25. ما النقص في الجدول الدوري لمندليف؟

26. وضِّح كيف ساهمت 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 بالجدول 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

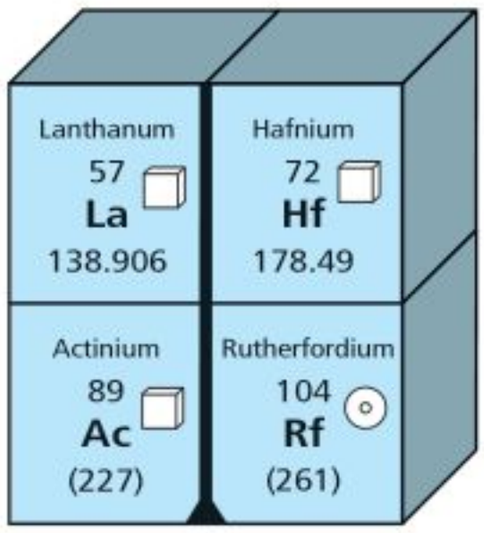
c. الجرمانيوم Ge

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
	5. المجموعة 15

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.



الشكل 19–3

34. وضّح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف **الشكل 19–3**.

35. ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية؟

a. فلز يستخدم في مقياس الحرارة.

b. غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، وهو غاز نبيل له أكبر كتلة ذرية مقارنةً بعناصر مجموعته.

c. يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، وهو فلز له أقل كتلة ذرية في المجموعة 14.

d. عنصر انتقالي يستخدم في صناعة الخزائن، ويقع في المجموعة 12 في الجدول الدوري.

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 العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفًا عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

38. عنصر ثقيل جديد لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتونًا، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليهما؟ وهل يكون فلزًّا أو لا فلزًّا أو شبه فلز؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

39. ما الرمز الكيميائي للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي؟

a. عنصر في الدورة 3 يمكن استخدامه في صناعة رقائق الحاسوب لأنه شبه فلز.

b. عنصر في المجموعة 13 والدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفاز.

c. عنصر يستخدم فتيلًا في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

3-2

إتقان المفاهيم

40. المنتجات المنزلية ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يستخدم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسّر إجابتك.

41. ما علاقة رقم مستوى طاقة إلكترون التكافؤ برقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

42. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر من الغازات النبيلة؟

43. ما الفئات الأربع الرئيسة في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا؟

45. فسّر كيف يمكن أن يحدد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري؟

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي:

a. عنصر في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءًا من مركبات مساحيق التجميل.

b. هالوجين في الدورة 3، يدخل في تركيب منظفات الملابس، ويستخدم في صناعة الورق.

c. فلز انتقالي سائل عند درجة حرارة الغرفة، ويستخدم أحيانًا في مقاييس درجة الحرارة.

47. حدّد كلًّا من المجموعة، والدورة والفئة لكل عنصر مما يأتي:

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. يوضّح **الجدول 6–3** عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسّر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 6-3 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؛ لأن معظم قطع النقود المعدنية تصنع من عناصر هذه المجموعة. ما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تنتمي إليها؟ وهل ما زالت مستخدمة في صناعة النقود حتى الآن؟

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ جميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

52. أضواء الإشارة الخضراء. يُكسب فلز الباريوم الإشارة الخضراء اللون الأخضر. اكتب التوزيع الإلكتروني للباريوم وصف موقعه من حيث المجموعة والدورة والفئة في الجدول الدوري.

53. السماعات تستخدم المغانط المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة السماعات؛ لأنها قوية وخفيفة. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر، وأين يقع في الجدول الدوري؟

54. علب الصودا التوزيع الإلكتروني للفلز المستخدم في صناعة علب الصودا هو $[Ne]\,3s^2\,3p^1$. ما اسم هذا الفلز؟ حدّد رقم مجموعته. ودورته، وفئته في الجدول الدوري.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

55. املأ الفراغ في الجدول 7–3.

الجدول 7-3 التوزيع الإلكتروني

الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	[Ne]3s 2
4	14	Ge	
	12	Cd	Kr]5s 24 [d 10
2	1		[He]2s 1

3-3

إتقان المفاهيم

56. ما المقصود بطاقة التأين؟

57. يشكل عنصر ما أيونًا سالبًا عند التأين. فأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.

58. أيّ العناصر الآتية: الماغنسيوم أم الكالسيوم أم الباريوم، نصف قطر أيونه أكبر؟ وأيها نصف قطر أيونه أصغر؟ وما نمط التغير الذي يفسر ذلك؟

59. فسرّ لماذا تزداد طاقة تأين العناصر المتتالية في الجدول الدوري عبر الدورة؟

60. كيف يمكن مقارنة نصف قطر أيون اللافلز بنصف قطر الذرة؟ فسر ذلك.

61. فسرّ لماذا يقل نصف قطر الذرة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟

62. حدّد أي العنصرين له أكبر طاقة تأين في كل من الأزواج الآتية؟

a. N و Li **b.** Ne و Kr **c.** Li و Cs

63. ما المقصود بالقاعدة الثمانية؟ ولماذا لا يتبع غازَا الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟

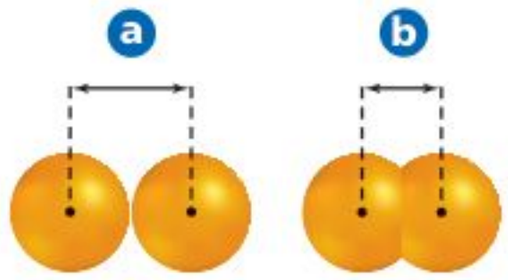
64. استخدم **الشكل 20–3** للإجابة عن الأسئلة الآتية، فسّر إجابتك.

الشكل 20–3

a. إذا كانت A تمثل أيونًا، و B تمثل ذرة للعنصر نفسه. فهل يكون الأيون موجبًا أم سالبًا؟

b. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري ذرتي عنصرين في الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟

c. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري أيونين لعنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟



الشكل 21–3

65. يمثل **الشكل 21–3** طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون. صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منهما؟

66. 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

67. تصنع بعض العبوّات من مادة اللكسان Lexan، وهي مادة بلاستيكية يدخل في تركيبها مركب مكوَّن من الكلور والكربون والأكسجين. رتّب هذه العناصر تنازليًا حسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

68. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معًا. اعمل جدولاً يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كل من ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثم اشرح أي الذرات تصبح أكبر، وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

69. المُحلِّـي الصناعي تحتوي بعض المشروبـات الغازية التي تجنّب زيـادة الوزن على المُحلي الصناعي أسـبارتيم، وهو مركب يحتوي عـلى الكربون والنيتروجين والأكسـجين وذرات أخـرى. اعمل جـدولاً يوضح أنصـاف أقطار الذرات والأيونات للكربون والنيتروجين والأكسـجين. افترض حالة التأين الموضحة في **الشكل 14–3** واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيتروجين والأكسـجين تتزايـد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

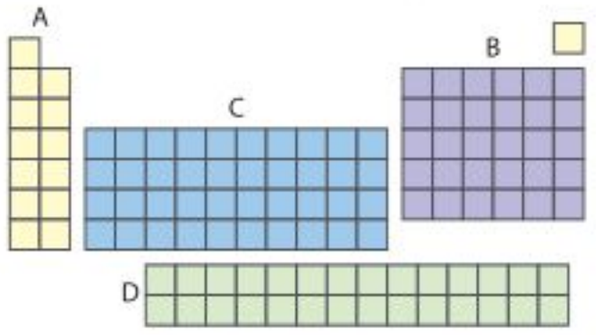
مراجعة عامة

70. عرّف الأيون.

71. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟

72. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءًا من مركب يستعمل لإزالة عسر الماء؟

73. أيهما أكثر كهروسـالبية: عنصر السـيزيوم في المجموعة 1 المستخدم في مصابيح الأشعة تحت الحمراء، أم البروم وهو الهالوجين المستخدم في مركبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟



الشكل 22–3

74. يوضح **الشكل 22–3** فئات الجدول الدوري. سمّ كل فئة من الجدول الدوري، واشرح الخواص المشتركة بين عناصر كل فئة.

75. أي عنصر في الأزواج الآتية له كهروسالبية أعلى:

a. As أو K

b. Sb أو N

c. Be أو Sr

76. فسر لمـاذا تمتد الفئـة s من الجـدول الدوري عـلى هيئة مجموعتين، والفئة p عـلى هيئة 6 مجموعات، والفئة d على هيئة 10 مجموعات؟

77. لماذا تختلف معظم قيم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية؟

78. رتب العناصر – الأكسجين والكبريت والتيلريوم والسلينيوم – تصاعديًّا حسب نصف قطر الذرة. وهل يعد ترتيبك مثالاً على تدرج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟

79. الحليب يعدّ العنصر ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2$ من أهم الفلزات الموجودة في الحليب. حدد مجموعة ودورة وفئة هذا العنصر في الجدول الدوري.

80. لماذا لا توجد عناصر من الفئة p في الدورة الأولى؟

81. المجوهرات ما الفلزان الانتقـاليان المسـتخدمان في صناعة المجوهرات، واللذان يقعان في المجموعة 11، ولهما أقل كتلة ذرية؟

82. أيهما له طاقة تأيـن أكبر: البلاتين المسـتخدم في عمل تاج الضروس، أم الكوبلت الذي يُكسب الفخار ضوءه الأزرق الساطع؟

التفكير الناقد

83. طبق يكوِّنُ الصوديوم Na أيونًا موجبًا 1+؛ في حين يكوِّن الفلور F أيونًا سـالبًا 1–. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل أيون منهما. وفسّر لماذا لا يشـكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

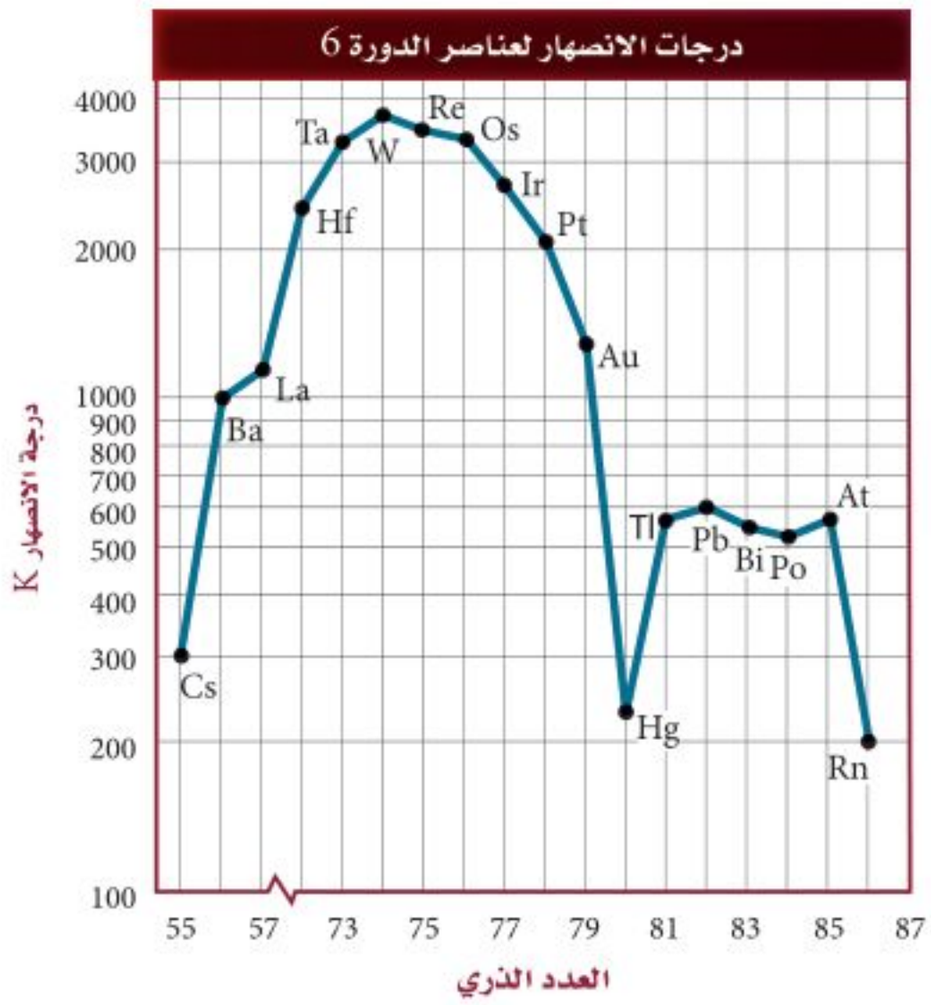
84. اعمل رسمًا بيانيًّا واستخدمه اسـتعن بالبيانات الواردة في **الجـدول 8–3**. ومثِّل بيانيًّا الكثافـة مقابل العدد الذري، واذكر أي نمط تغيُّر يمكن أن تلاحظه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

الجدول 8-3 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
البزموث	83	9.78

85. فسِّر البيانات رسمت درجات انصهار عناصر الدورة 6 مقابل العدد الذري كما في **الشكل 23–3**. حدّد نمط التغير في درجات الانصهار والتوزيع الإلكتروني للعناصر. ثم ضع فرضية لتفسير هذا النمط.



الشكل 23–3

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 الممثلة.

87. تعرَّف أحد العناصر الممثلة في الدورة 3 جزء من المواد الخشنة التي تستعمل على سطوح علب الثقاب. والجدول **9–3** يوضح طاقات التأين لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول لاستنتاج نوع العنصر.

الجدول 9-3 طاقات التأين بوحدة kJ / mol						
العدد	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
طاقة التأين	1010	1905	2910	4957	6265	21238

مسألة تحفيز

88. يعبر عن طاقات التأين بوحدة (kJ /mol)، إلاّ أنه يعبر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجول (J). استخدم القيم في **الجدول 5–3** 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

89. عرّف المادة، وحدّد ما إذا كان كل مما يأتي مادة أم لا.

a. موجات الميكروويف
b. الهيليوم داخل بالون
c. حرارة الشمس
d. السرعة
e. ذرة من الغبار
f. اللون الأزرق

90. حوّل كلًّا من وحدات القياس الآتية إلى ما هو مبين:

a. 1.1 cm إلى m
b. 76.2 pm إلى mm
c. 11 mg إلى kg
d. 7.23 mg إلى kg

91. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^6$ وهو في حالة الاستقرار؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبيرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبيرنر، واكتب تقريرًا حولها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

94. 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، لذلك فهو يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول منديليف الموضح في **الجدول 10–3** والجدول الدوري الحديث الموضح في **الشكل 5–3**.

الجدول 10-3 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		

95. وضع منديليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يعد وضع هذه العناصر في نهاية الجدول – كما في الجدول الدوري الحديث– (المجموعة 18) منطقيًا أكثر؟

96. أي أجزاء جدول منديليف يعد أكثر تشابهًا مع موقعه الحالي، وأيها كان أبعد عن موقعه الحالي في الجدول الحديث؟ ولماذا؟

97. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول منديليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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. أيّ العبارات الآتية غير صحيحة؟

a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنسيوم 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. التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر هو $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$. ما المجموعة والدورة والفئة التي يقع ضمنها هذا العنصر في الجدول الدوري؟

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 نبيل

4. أيّ مجموعة في الجدول الدوري 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 و7:

الجدول الدوري

6. أيّ العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

a. W **b.** X **c.** Y **d.** Z

7. أيّ مستويات الطاقة الثانوية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

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

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

a. الفئة d
b. المجموعات 13 إلى 17
c. الفئة f
d. المجموعتين 1 و2

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللافزات فقط؟

a. 1
b. 13
c. 15
d. 18

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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. في أي دورة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟

12. في أي مجموعة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟

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		14,850	3660	4620
طاقة التأين الرابعة			25,020	6220
طاقة التأين الخامسة				37,830

14. بـــيّن العلاقة التي تربط بين التغـــير الكبير جدًّا في طاقة التأين وعدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة.

15. توقّع أيّ طاقات التأين ســـوف تُظهر أكبر تغير لعنصر الماغنسيوم؟ فسّر إجابتك.

الفصل 4

المركبات الأيونية و الفلزات
Ionic compounds and Metals

الفكرة العامة ترتبط الـذرات في المركبات الأيونيـة بروابـط كيميائية تنشـأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

4-1 تكوُّن الأيون

الفكرة الرئيسة تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثُّماني الأكثر استقرارًا.

4-2 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسة تتجـاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوِّن مركبات أيونية متعادلة كهربائيًّا.

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

الفكرة الرئيسة عند تسـمية المركبات الأيونية يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيـون الموجب. أما عنـد كتابة صيغ المركبـات الأيونية فيكتـب رمز الأيون الموجب أولًا متبوعًا برمز الأيون السالب.

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسة تُكوّن الفلزات شـبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "بحر" من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

حقائق كيميائية

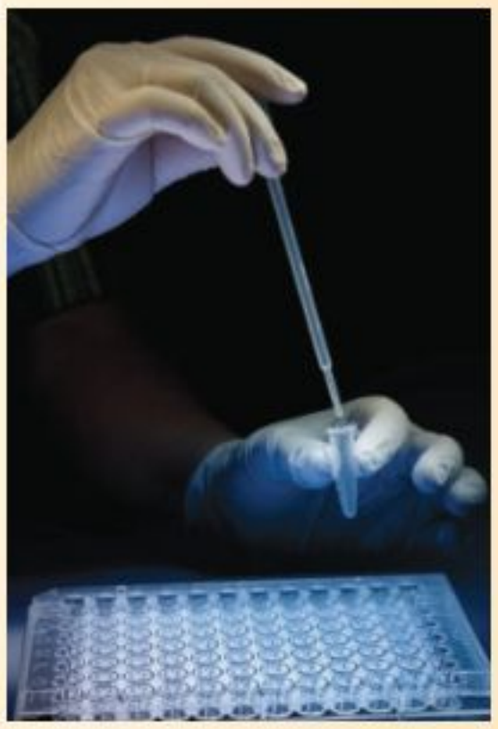
- يغوص الغواصون عادة على عمق 40 m، أما أكبر عمق وصل إليه غواص محترف فقد زاد على 300 m قليلاً.
- يحـمل الـغـواصون الأكسجـين والنيتروجين فـي أسطوانات معدة لهـذه الغـاية، لذا عليهم اتباع إجـراءات خاصة لتجنب التسـمم بالأكسجين، والتخدير النيتروجيني.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023

تجربة استهلالية

ما أنواع المركّبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي؟

لكي توصل المادة التيار الكهربائي يجب أن تحتوي على جسيمات مشحونة قادرة على الحركة بسهولة. ويعد التوصيل الكهربائي من خواص المواد التي تزودنا ببعض المعلومات عن الروابط بين الذرات.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. املأ إحدى فجوات طبق **التفاعلات** البلاستيكي **بملح الطعام الصلب NaCl**.
4. استخدم **الماصة** لنقل 1mL من محلول **ملح الطعام NaCl** المعد باستخدام ماء الصنبور إلى فجوة أخرى في الطبق نفسه.
5. اغمس أقطاب **جهاز 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 3 – 5 مستخدمًا **السكر** $C_{12}H_{22}O_{11}$ بدلاً من ملح الطعام.
7. أعد الخطوات 3 – 5 مستخدمًا **الماء المقطر** بدلاً من ماء الصنبور.

التحليل

1. اعمل جدولاً ودوِّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
2. فسر النتائج التي حصلت عليها.

استقصاء صمّم نموذجًا يوضح الاختلاف بين المركّبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركّبات 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 طوليًّا 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 القسمين 1–4 و 2–4.** وبعد قراءتهما دوّن المعلومات الخاصة بالمركبات الأيونية في الأعمدة المناسبة لذلك في المطوية.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–1 تكون الأيون Ion Formation

الأهداف

- **تعرّف** الرابطة الكيميائية.
- **تصف** تكوين الأيونات الموجبة والسالبة.
- **تربط** بين تكوّن الأيون وتوزيعه الإلكتروني.

مراجعة المفردات

القاعدة الثمانية: تميل الذرات إلى اكتساب الإلكترونات أو فقدانها أو مشاركتها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

المفردات الجديدة

الرابطة الكيميائية

الكاتيون

الأنيون

الفكرة الرئيسة **تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرارًا.**

الربط مع الحياة تخيل أنك ذاهب ومجموعة من الأصدقاء لتلعبوا كرة القدم، فوجدتم هناك مجموعة أخرى أكثر عددًا يريدون اللعب أيضًا، فاتفقتم على تشكيل فريقين متساويين مما يؤدي إلى أن تفقد إحدى المجموعتين بعض لاعبيها لينضموا إلى المجموعة الأخرى. وهكذا بطريقة مشابهة يكون سلوك الذرات أحيانًا عند تكوين المركبات.

الرابطة الكيميائية Chemical bond

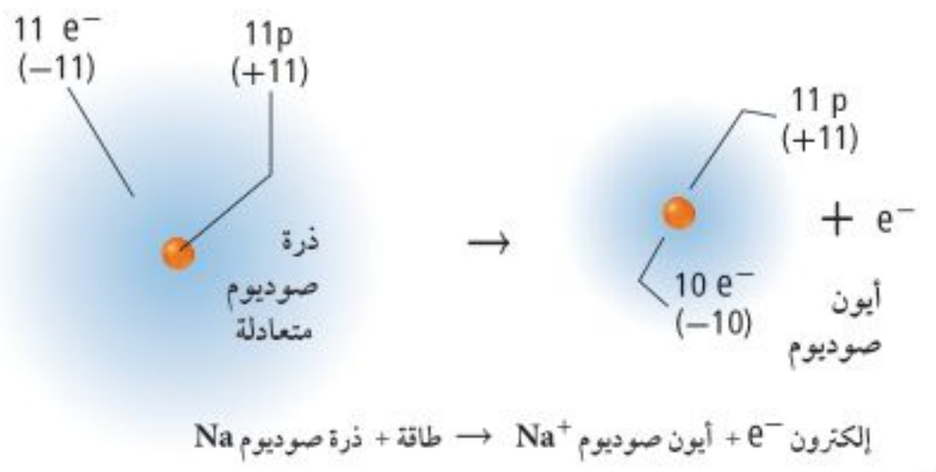
تحتوي الذرة كما تعلم على إلكترونات سالبة الشحنة تحيط بنواة تتضمن بروتونات موجبة الشحنة، بالاضافة إلى النيوترونات المتعادلة الشحنة. وتكون الذرة متعادلة الشحنة لأن عدد الإلكترونات السالبة فيها مساوٍ لعدد البروتونات الموجبة. وتميل جميع الذرات إلى الوصول لحالة من الاستقرار بحيث تكوّن طاقتها أقل ما يمكن، وذلك بامتلاك مستوى طاقة أخير ممتلئ بالإلكترونات. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال **الرابطة الكيميائية**؛ وهي عبارة عن قوة تجاذب تنشأ بين ذرتين أو أكثر من خلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسابها أو المساهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

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	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
أيون الصوديوم Na^+	$1s^2 2s^2 2p^6$

لذرة الصوديوم إلكترون تكافؤ واحد في المستوى 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 1–4** كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.



الشكل 1–4 يتكون الأيون الموجب عند فقد الذرة المتعادلة واحدًا أو أكثر من إلكترونات التكافؤ. تحتوي الذرة المتعادلة كهربائيًّا 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 انبعاثها؟

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 يميز ذرة الصوديوم ما زال ثابتًا داخل النواة لم يتغير.

ماذا قرأت؟ ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لذرة مستقرة؟

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

أيونات الفلزات إن ذرات الفلزات نشيطة كيميائيًّا؛ لأنها تفقد إلكترونات تكافئها بسهولة. وفلزات المجموعتين الأولى والثانية أكثر الفلزات نشاطًا في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، تُكوِّن فلزات البوتاسيوم والماغنسيوم الموجودة في المجموعتين 1 و 2 على الترتيب، الأيونات K^+ وMg^{2+}، كما تُكوِّن بعض ذرات عناصر المجموعة 13 أيونات موجبة أيضًا. ويلخص الجدول 1–4 الأيونات التي تكوّنها ذرات فلزات المجموعات 1و 2 و13.

الجدول 1-4 أيونات المجموعات 1و 2 و 13

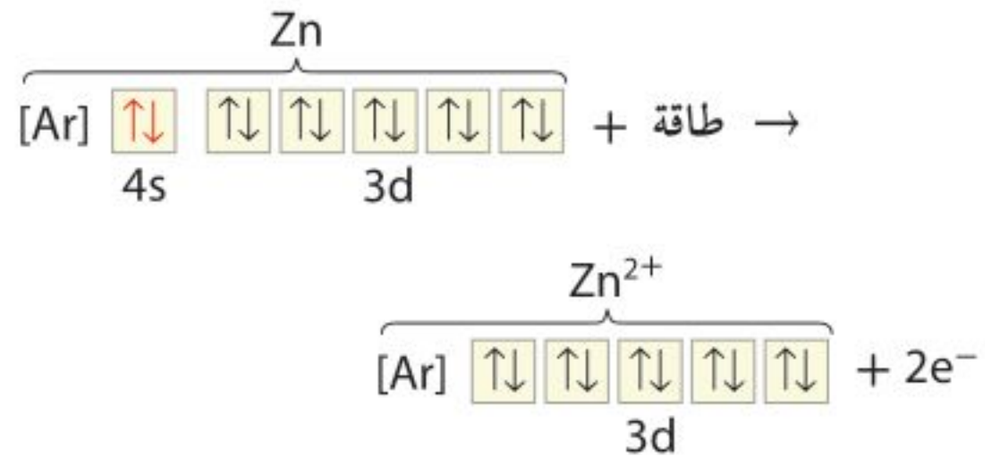
المجموعة	التوزيع	شحنة الأيون المتكون
1	ns^1 [غاز نبيل]	(+1) عند فقد إلكترون s^1
2	ns^2 [غاز نبيل]	(+2) عند فقد إلكتروني s^2
13	ns^2np^1 [غاز نبيل]	(+3) عند فقد إلكترونات s^2p^1

أيونات الفلزات الانتقالية

تذكّر أن مستوى الطاقة الخارجي للفلزات الانتقالية هو ns^2 . وعند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة تقوم ذرة كل عنصر بإضافة إلكترون إلى المستوى الثانوي d. وعادة ما تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونين من إلكترونات التكافؤ، لتكوّن أيونات موجبة ثنائية الشحنة 2+. وقد تفقد أيضًا إلكترونات من المستوى d. لذا تكوّن الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثية الشحنة 3+ أو أكثر حسب عدد إلكترونات المستوى 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 تكوِّن أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثية الشحنة.

على الرغم من أن توزيع الإلكترونات الثماني هو التوزيع الإلكتروني للذرة المستقرة، إلاَّ أنه يوجد توزيعات أخرى للإلكترونات تزودها ببعض الاستقرار.

الشكل 2–4 عندما يتفاعل الخارصين مع اليود فإن حرارة التفاعل تجعل اليود الصلب يتسامى إلى بخار بنفسجي اللون. ويتكون أسفل الأنبوب ZnI_2 الذي يحتوي على أيون Zn^{2+} الذي توزيعه الإلكتروني شبيه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.



عند فقدان إلكتروني تكافؤ المستوى 4s يتكون توزيع إلكتروني من مستويات s,p,d مملوءة بالإلكترونات، يشبه التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

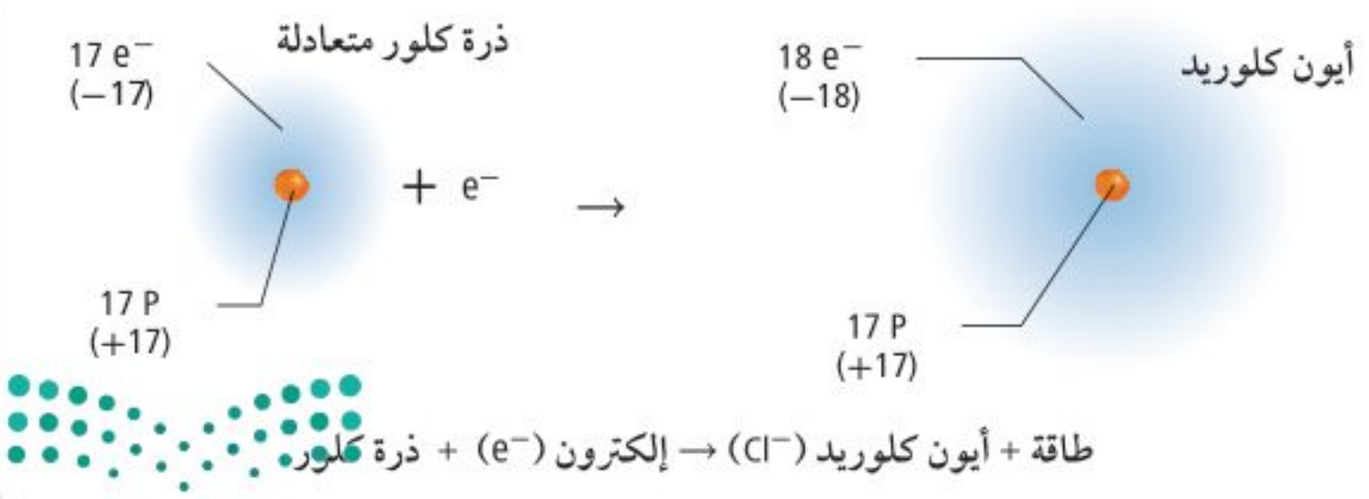
فعلى سبيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14–11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجيًّا ذا مستويات ثانوية (هي s، p، d) مملوءة بالإلكترونات. ويبين **الشكل 2–4** التوزيع الإلكتروني لذرة الخارصين: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. وعندما تكوِّن ذرة الخارصين الأيون الثنائي الموجب تفقد إلكترونين من المستوى 4s وينتج التوزيع الإلكتروني المستقر: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$. ويُشار إلى هذا التوزيع الإلكتروني المستقر نسبيًّا بالتوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل.

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 3–4** . 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 3–4 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؟

أيونات اللافلزات تكتسب بعض اللافلزات عددًا من الإلكترونات، وعندما تُضاف إلى إلكترونات تكافئها تصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرار. فعلى سبيل المثال، لذرة الفوسفور خمسة إلكترونات تكافؤ، وحتى تحصل على التوزيع الإلكتروني الثماني المستقر تكتسب ثلاثة إلكترونات، وتكوّن أيون الفوسفيد الذي شحنته 3−. وبالمثل ذرة الأكسجين التي لها ستة إلكترونات تكافؤ تكتسب إلكترونين وتكوِّن أيون الأكسيد الذي شحنته 2−.

وقد تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعدادًا من الإلكترونات للوصول إلى حالة التركيب الثماني المستقر. 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 2−4** أيونات المجموعات 15 و16 و17.

الجدول 2-4 أيونات المجموعات من 15إلى 17

المجموعة	التوزيع الإلكتروني	شحنة الأيون المتكون
15	ns^2np^3 [غاز نبيل]	(3−) عند اكتساب ثلاثة إلكترونات
16	ns^2np^4 [غاز نبيل]	(2−) عند اكتساب إلكترونين
17	ns^2np^5 [غاز نبيل]	(1−) عند اكتساب إلكترون واحد

التقويم 4-1

الخلاصة

- تكوِّن بعضُ الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوءًا بالإلكترونات. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
- يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتًا عند تكوين الأيون.

1. الفكرة الرئيسة **قارن** بين استقرار ذرة الليثيوم وأيون الليثيوم Li^+.
2. **صف** سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.
3. **طبق** لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًّا، في حين تُعد عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟
4. **طبق** اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات الآتية، ثم توقع التغير الذي ينبغي حدوثه لتصل كل ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

a- النيتروجين **b**- الكبريت **c**- الباريوم **d**- الليثيوم

5. **نموذج** ارسم نموذجين يمثّلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–2

الروابط الأيونية والمركبات الأيونية
Ionic Bonds and Ionic Compounds

الأهداف

- **تصف** تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- **تربط** بين الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية وقوة الرابطة الأيونية.
- **توضيح** العلاقة بين تكون المركب الأيوني والطاقة.

مراجعة المفردات

المركب: اتحاد كيميائي بين عنصرين مختلفين أو أكثر.

المفردات الجديدة

الرابطة الأيونية
المركبات الأيونية
الشبكة البلورية
الإلكتروليت
طاقة الشبكة البلورية

الفكرة الرئيسة **تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكوِّن مركبات أيونية متعادلة كهربائيًّا.**

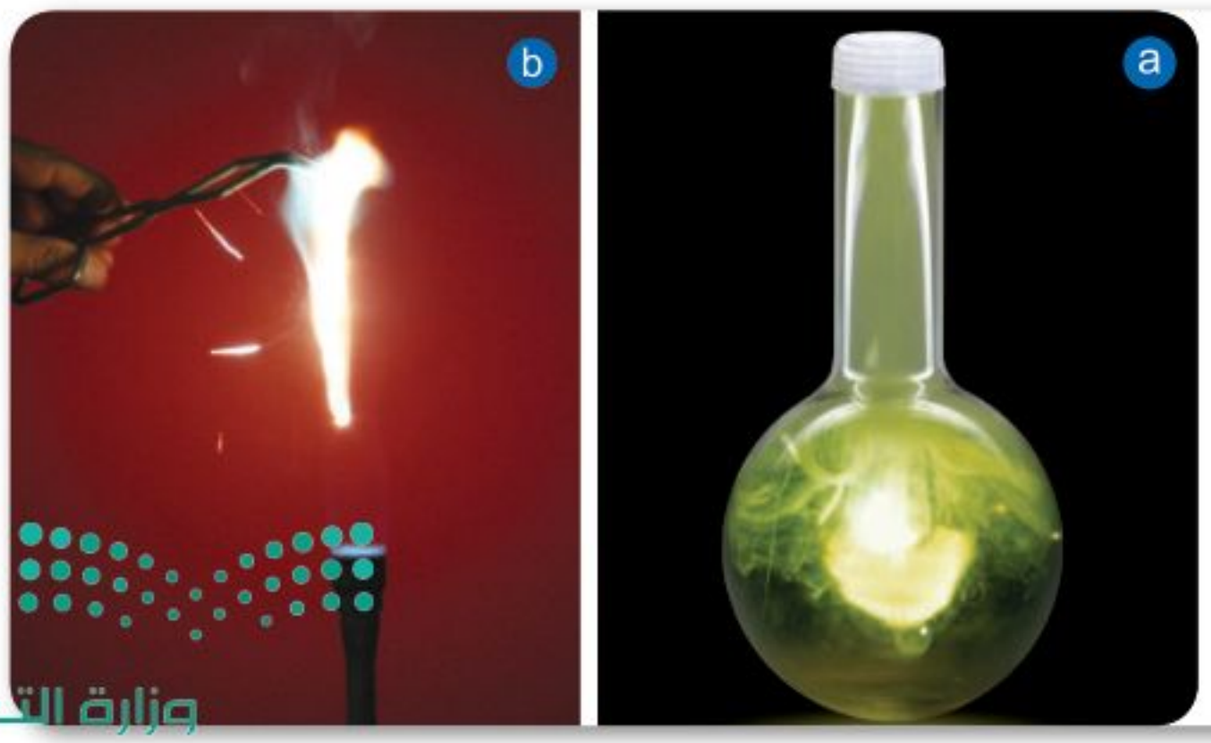
الربط مع الحياة هل حاولت يومًا فصل كيس التغليف البلاستيكي بعضه عن بعض؟ تعود صعوبة فصل هذه المواد إلى تجاذب بعضها إلى بعض بسبب وجود أسطح مختلفة الشحنة.

تكوين الروابط الأيونية Formation of Ionic Bonds

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهرين في **الشكل 4–4**؟ تتفاعل العناصر معًا في كلتا الحالتين لتكوين مركب كيميائي. ويبين **الشكل 4a–4** 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. ويبين **الشكل 4b–4** التفاعل بين عنصري الماغنسيوم والأكسجين لتكوين أكسيد الماغنسيوم MgO.

وعندما تتجاذب الشحنات المختلفة بين أيوني الصوديوم والكلوريد يتكون مركب كلوريد الصوديوم. وتسمى القوة الكهروستاتيكية التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات الأيونية **الرابطة الأيونية**. كما تسمى المركبات التي تحتوي على روابط أيونية **المركبات الأيونية**.

المركبات الأيونية الثنائية تحتوي الآلاف من المركبات على روابط أيونية تسمى المركبات الأيونية، وهي مركبات ثنائية، أيْ أنها تتكون من عنصرين مختلفين. وتحتوي هذه المركبات الأيونية الثنائية على أيون فلزي موجب وأيوني لافلزي سالب؛ فكلوريد الصوديوم مثلًا مركب أيوني ثنائي؛ لأنه يتكون من أيونين مختلفين هما أيونا الصوديوم والكلور، وأكسيد الماغنيسيوم MgO الناتج عن التفاعل الظاهر في **الشكل 4b–4**، مركب أيوني ثنائي أيضًا.



الشكل 4–4 يُنتج كل من هذين التفاعلين الكيميائيين 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 الماغنسيوم في الهواء مركب أيوني يسمى أكسيد الماغنسيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 لتصل إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون.

أمـــا التوزيع الإلكتروني لذرة الفلور فهو $[He]\ 2s^2\ 2p^5$، ويجب أن تكتســـب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المســـتقر لذرة النيون. ولأن عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يجب أن يكون متساويًا فإننا نحتاج إلى ذرتين من الفلور لتكســـبا الإلكترونين اللذين فقدتهما ذرة الكالسيوم. وبذلك تكون الشحنة النهائية في مركب فلوريد الكالسيوم CaF_2 صفرًا.

$$1\ Ca\ \cancel{ion}\left(\frac{2+}{Ca\ \cancel{ion}}\right) + 2\ F\ \cancel{ions}\left(\frac{1-}{F\ \cancel{ion}}\right) = (1)\ (+2) + (2)(-1) = 0$$

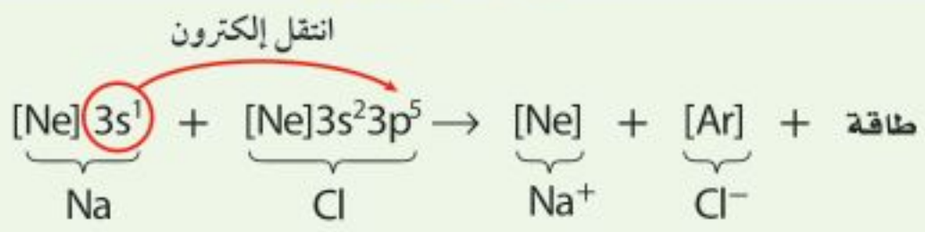
ويلخص **الجدول 3–4** طرائق عدة تمثل تكوين المركبات الأيونية، ومنها كلوريد الصوديوم.

الجدول 3-4 **تكوين كلوريد الصوديوم**

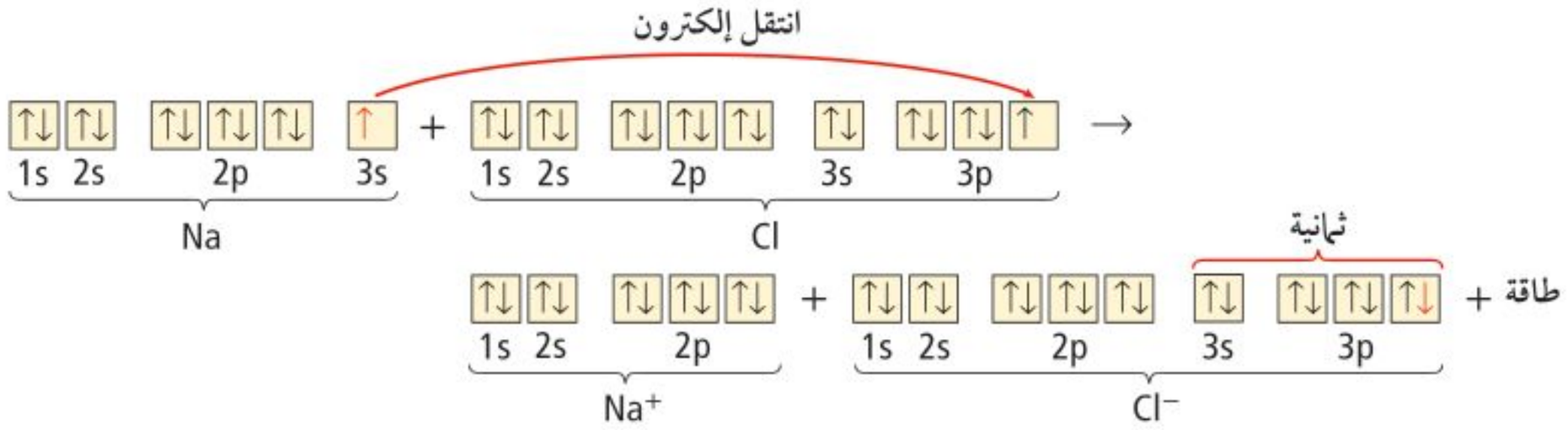
المعادلة الكيميائية

$$Na + Cl \rightarrow Na^+ + Cl^- + \text{طاقة}$$

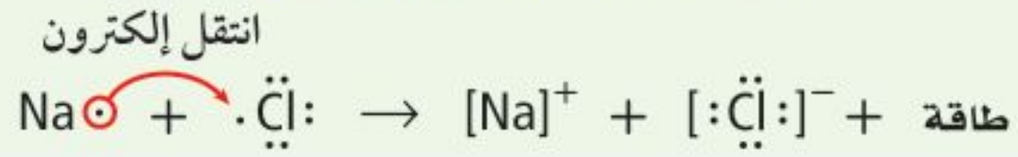
التوزيع الإلكتروني



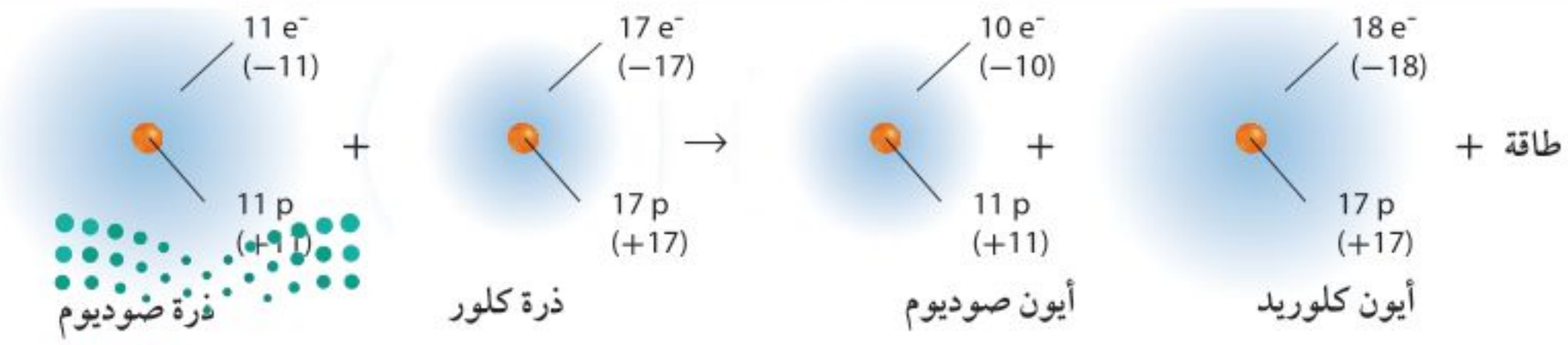
التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات المستويات



التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)



النماذج الذرية



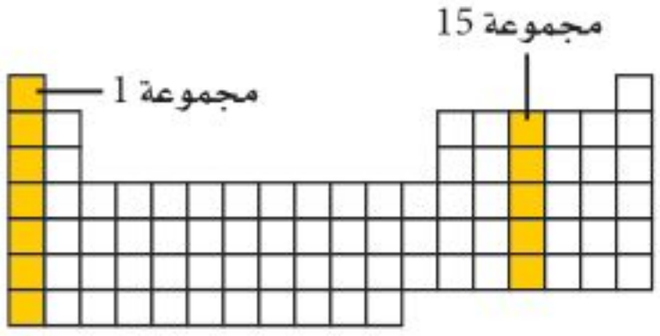
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يتطلب تكوين أكسـيد الألومنيوم فقدان كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، واكتساب كل ذرة أكسجين إلكترونين. وبناءً على ذلك نحتاج إلى ثلاث ذرات من الأكسجين لتكسب 6 إلكترونات تُفقد من ذرتي ألومنيوم لإنتاج مركب أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 المتعادل كهربائيًّا.

$$2\ Al\ \cancel{ion}\left(\frac{3+}{Al\ \cancel{ion}}\right) + 3\ O\ \cancel{ions}\left(\frac{2-}{O\ \cancel{ion}}\right) = 2(3+) + 3(2-) = 0$$

مسائل تدريبية

وضح كيف تتكون المركبات الأيونية من العناصر الآتية؟



6. الصوديوم والنيتروجين.

7. الليثيوم والأكسجين.

8. الاسترانشيوم والفلور.

9. الألومنيوم والكبريت.

10. تحفيز: وضح كيـف يتحد عنصران من عناصر المجموعتـين المبينتين في الجدول الدوري لتكوين مركب أيوني؟

المطويات

أدخل معلومـات مـن هـذا القسم في مطويتك.

خواص المركبات الأيونية Properties of Ionic Compounds

تحدد الروابط الكيميائية في المركب الكثير من خصائصه. فعلى سبيل المثال، تكون الروابط الأيونية بناءات فيزيائية فريدة للمركبات الأيونية لا تشـبه المركبات الأخرى. ويسـاهم البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية في تحديد خصائصها الفيزيائية التي اسـتخدمت في استعمالات متعددة كالتي يبينها **الشكل 5–4**.

الشكل 5–4 الروابط الأيونية والفلزية ساعدت عـدة اكتشـافات متتالية العلمـاء على فهـم خواص المركبـات الأيونيـة والفلزيـة، مما أدى إلـى تصنيع أدوات ومواد جديدة.

1897م تنبأ طومسون بأهمية دور الإلكترونـات في الروابـط الكيميائية.

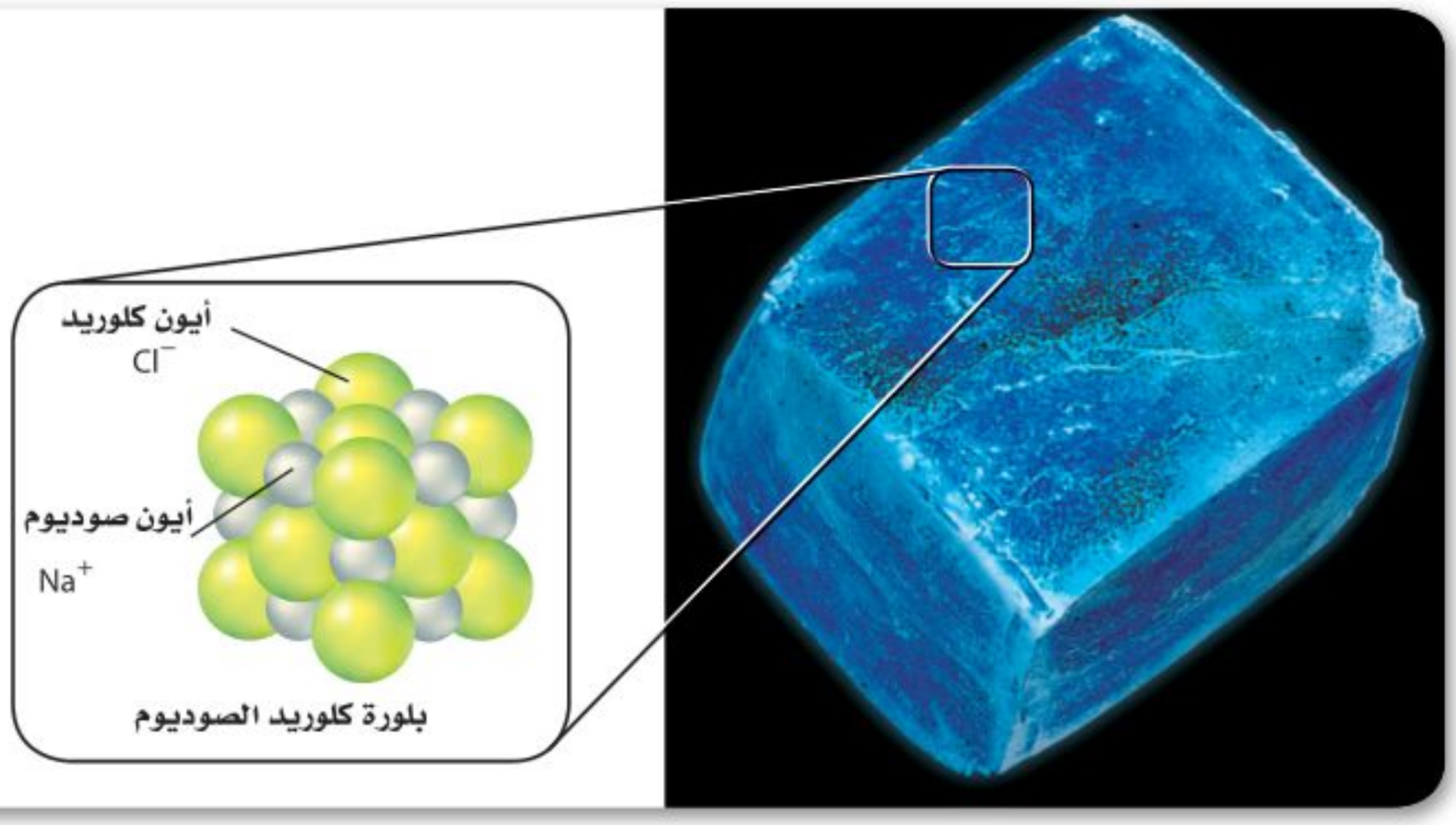
1913م يظهر التصوير بأشـعة إكس أيونات الصوديوم وأيونات الكلور في كلوريد الصوديوم وترتيبها البلوري المنتظم.

1916م اقترح جلبرت لويـس نظرية الترابط بين الذرات من خـلال تبادل الإلكترونات بينها.

1932م ساعدت معرفة قيم الكهروسالبية العلماء على حسـاب قوة الجذب النسبية لكل عنصر للإلكترونات.

1940م قام علماء المعادن بتطوير سبائك تعمل تحت درجات حرارة وضغط مرتفعين وقوة طرد مركزية عالية. وقد تم اسـتخدام هذه السـبائك لاحقًـا في تصنيع محركات الطائرات النفاثة والمركبات الفضائية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 6–4 يظهر المجهر الإلكتروني الماسح شكل بلورة كلوريد الصوديوم المكعبة.

فسّر ما نسبة أيونات الصوديوم إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟

البناء الفيزيائي يحتوي البناء الفيزيائي للمركبات الأيونية على عدد كبير من الأيونات الموجبة والسالبة، ويتحدد عددها بنسبة عدد الإلكترونات التي تنتقل من ذرات الفلز الى ذرات اللافلز. وتترتب هذه الأيونات بنمط متكرر يحفظ التوازن بين قوى التجاذب والتنافر بينها.

تجربة عملية

تكون الملح

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظهر في **الشكل 6–4**، ولاحظ التنظيم الدقيق لشكل البلورة الأيونية، حيث المسافات ثابتة 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؟ كما يبين **الشكل 6–4**، 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. ترى، ما شكل بلورات ملح الطعام إذا فحصتها بعدسة مكبرة؟

ماذا قرأت؟ فسر ما الذي يحدّد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الكيميائي؟

1962م تم اكتشاف سبيكة النيكل والتيتانيوم التي لها ؛ القدرة على استعادة شكلها بعد تشكيلها "ذاكرة الشكل"، وتستعمل كثيرًا في تقويم الأسنان.

2004م طوّر العلماء سبيكة من النيكل والجادولينيوم لها القدرة على امتصاص النيوترونات المنبعثة من المخلفات النووية، وتستخدم عند نقل الوقود النووي الشديد الإشعاع.

2010 2000 1990 1970

1981م أتاح اكتشاف المجهر الماسح الأنبوبي للباحثين دراسة صور على المستوى الذري بالأبعاد الثلاثة.

الأراجونيت $CaCO_3$

الباريت $BaSO_4$

البيرل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$

الشكل 7–4 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 الأشكال.

تتكون الشبكة البلورية نتيجة لقوة الجذب الكبيرة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة. **الشبكة البلورية** ترتيب هندسي للجسيمات ثلاثي الأبعاد. يحاط فيها الأيون الموجب بالأيونات السالبة، كما يحاط الأيون السالب بالأيونات الموجبة. وتختلف البلورات الأيونية في شكلها بسبب حجم الأيونات وأعدادها المترابطة كما في **الشكل 7–4**.

الربط مع علم الأرض المعادن الموضحة في **الشكل 7–4** هي بعض الأنواع القليلة التي يدرسها علماء المعادن. ويستفيد العلماء من مخططات التصنيف لتنظيم الآلاف من المعادن المعروفة. وتُصنف هذه المعادن 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، تكوِّن السليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السليكات السالبة SiO_3^{2-} الناتجة عن اتحاد السليكون مع الأكسجين. وتحتوي الهاليدات على أيونات الفلوريد، والكلوريد، والبروميد، واليوديد. وتحتوي أنواع أخرى من المعادن على البورون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة معروفة باسم البورات، وكذلك على الكربون والأكسجين على هيئة أيونات سالبة أيضًا تسمَّى الكربونات.

ماذا قرأت؟ حدد أي المعادن في **الشكل 7–4** سليكات، وأيها كربونات؟

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 مقيدة الحركة في حالة المادة الصلبة بسبب قوى الجذب الكبيرة، لذا لا تستطيع المواد الأيونية الصلبة توصيل الكهرباء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 4-4	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	3600

عندمـا ينصهر المركب الأيوني الصلب ويصبح سـائلًا أو عند ذوبانه في المحلول، تصبح الأيونات التي كانت مقيدة في أماكنها قادرةً الآن على الحركة بحرية، ولها القدرة على توصيل التيار الكهربائي. لذا تكـون المركبات الأيونية جيدة التوصيل الكهربائي عندما تكون في صورة محلول أو سائل. ويسمى المركب الأيوني الذي يوصل محلوله التيار الكهربائي باسم **الإلكتروليت**.

ولأن الروابط الأيونيـة قـويـة نسبيًّا، لذا تحتـاج البلـورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وغليانها مرتفعة، كما يبين **الجدول 4–4**. وتمتاز الكثير من البلورات– ومنها الأحجار الكريمة– بألوانها الزاهية؛ بسبب وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

وتمتاز البلورات الأيونية أيضًا بالقوة والصلابة والهشاشة؛ بسبب قوة التجاذب التي تُثبِّت الأيونات في أماكنها. وعندما تؤثر قوة خارجية على الأيونات التي تشتمل عليها البلورة، وتكون هذه القوة قادرة على التغلب على قوى التجاذب بين الأيونات فإن البلورة تتشقق أو تتفتت إلى أجزاء كما في **الشكل 8–4**؛ لأن القوة الخارجية تحرّك الأيونات ذات الشحنات المتشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التنافر تفتت البلورة إلى أجزاء.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لكلمة (التوصيل)

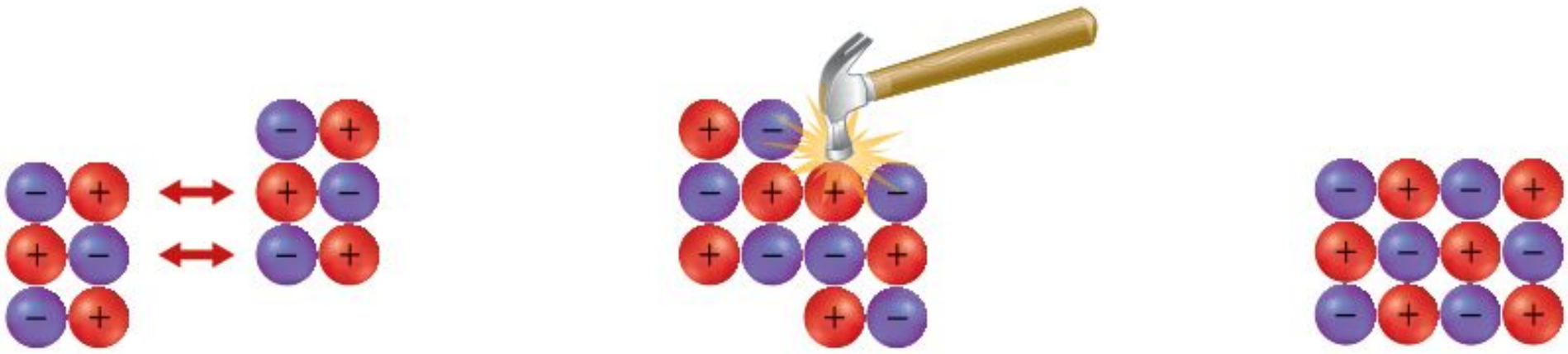
الاستعمال العلمي: القدرة على تمرير الضوء والحرارة والصوت والكهرباء.

لا يوصل الماء المقطر الكهرباء جيدًا.

الاستعمال الشائع:

وصّل الشيء إليه أي أنهاه إليه وأبلغه إياه.

الشكل 8–4 تنجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب التغلب عليها قوة أكبر.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة عملية

خواص المركبات الأيونية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

تُمتص الطاقة أو تنطلق أثناء التفاعل الكيميائي، فإذا امتُصَّت الطاقة في أثناء التفاعل وُصف التفاعل بأنه ماص للطاقة، أما إذا انطلقت الطاقة في أثناء التفاعل فيوصف بأنه طارد للطاقة. تكوُّن المركبات الأيونية من الأيونات الموجبة والسالبة يوصف دائمًا بأنه طارد للطاقة. فعندما تتجاذب الأيونات الموجبة والسالبة يتقارب بعضها من بعض لتكون نظامًا أكثر استقرارًا، طاقته أقل من طاقة الأيونات المنفردة. إذا امتُصَّ مقدار الطاقة نفسه الذي تم إطلاقه خلال تكوُّن الرابطة فإن ذلك يؤدي إلى تكسير الروابط التي تربط الأيونات الموجبة والسالبة.

طاقة الشبكة البلورية تسمى الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1 mol من المركب الأيوني **طاقة الشبكة البلورية**. وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة ممتصة، وتشير إلى قوة تجاذب الأيونات التي تعمل على تثبيتها في أماكنها، حيث تزداد طاقة الشبكة البلورية بزيادة قوة التجاذب. ويمكن النظر إلى طاقة الشبكة البلورية على أنها الطاقة المنبعثة عند اتحاد أيونات 1 mol من المركب الأيوني، وفي هذه الحالة ينظر إليها على أنها طاقة منبعثة. وتجدر الإشارة إلى أن قيمة الطاقة الممتصة تكون موجبة، في حين تكون قيمة الطاقة المنبعثة سالبة.

تتأثر طاقة الشبكة البلورية بمقدار شحنة الأيون؛ إذ عادة ما تكون طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات كبيرة الشحنة أكبر من طاقة الشبكة البلورية التي تتكون من أيونات صغيرة الشحنة. لذا تكون طاقة MgO أكبر أربع مرات تقريبًا من طاقة NaF؛ لأن شحنة الأيونات في MgO أكبر من شحنة الأيونات في NaF. كما أن طاقة الشبكة البلورية $SrCl_2$ تقع بين طاقة الشبكة البلورية MgO والشبكة البلورية NaF، لأن الشبكة البلورية $SrCl_2$ تحتوي على أيونات ذات شحنة موجبة عالية وأيونات ذات شحنة سالبة منخفضة معًا.

ترتبط طاقة الشبكة البلورية بصورة مباشرة بحجوم الأيونات المرتبطة معًا. فالأيونات الصغيرة الحجم تكون مركبات أيوناتها متراصة؛ أي لا يوجد بينها فراغات. ولأن قوة التجاذب بين الشحنات المختلفة تزداد كلما قلت المسافة بينها فإن الأيونات الصغيرة تكوِّن قوى تجاذب كبيرة وطاقة شبكة بلورية كبيرة. فعلى سبيل المثال، طاقة الشبكة البلورية لمركب الليثيوم أكبر من طاقة الشبكة البلورية لمركب البوتاسيوم الذي يحتوي على الايون السالب نفسه. ويعود السبب في ذلك؛ إلى أن حجم أيون الليثيوم أصغر من حجم أيون البوتاسيوم.

يُظهر **الجدول 5–4** طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية. فعند تفحص طاقات الشبكات البلورية لكل من RbF و KF تجد أن طاقة الشبكة البلورية KF أكبر من طاقة الشبكة البلورية RbF؛ لأن نصف قطر K^+ أصغر من نصف قطر Rb^+. وهذا ما يؤكد أن طاقة الشبكة البلورية مرتبطة مع حجم الأيون. والآن، تفحص طاقة الشبكة البلورية لكل من $SrCl_2$ و AgCl. كيف توضح هذه القيم العلاقة بين طاقة الشبكة البلورية ومقدار شحنة الأيون؟

الجدول 5-4 طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية

المركب	طاقة الشبكة البلورية kJ/mol	المركب	طاقة الشبكة البلورية 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 4-2

الخلاصة

- الرابطة الكيميائية قوة تجاذب تربط بين ذرتين أو اكثر.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

11. الفكرة الرئيسة **لخص** تكوين الرابطة الأيونية من خلال وضع المصطلحات الآتية في صورة أزواج صحيحة: الكاتيون، الأنيون، اكتساب الإلكترونات، فقد الإلكترونات.
12. **وضح** كيف يمكن لمركب أيوني يتكون من جسيمات مشحونة أن يكون متعادلاً كهربائيًّا؟
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، وبيِّن علاقتها بقوة الرابطة.
15. **فسّر** كيف تكون الأيونات الروابط؟ وصف بناء المركب الناتج.
16. **اربط** بين طاقة الشبكة البلورية وقوة الرابطة الأيونية.
17. **طبّق** باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات المستويات والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركب الأيوني من فلز الإسترانشيوم ولافلز الكلور.
18. **صمّم** خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطة الأيونية والخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية، وطاقة الشبكة البلورية واستقرارها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–3

الأهداف

- **تربط** وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.
- **تكتب** صيغ المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.
- **تطبق** طريقة التسمية على المركبات الأيونية الثنائية والأيونات العديدة الذرات.

مراجعة المفردات

اللافلز: عنصر صلب وهش، ورديء التوصيل للكهرباء والحرارة.

المفردات الجديدة

وحدة الصيغة الكيميائية
الأيون الأحادي الذرة
عدد التأكسد
أيون عديد الذرات
أيون أكسجيني سالب

صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

Names and Formulas for Ionic compounds

الفكرة الرئيسة **عند تسمية المركبات الأيونية يذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيون الموجب. 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 عند استخدام هذه القواعد كتابةُ صيغة المركب الأيوني، ويمكنك كذلك تسمية المركب من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تذكّر أن المركب الأيوني يتكون من أيونات مرتبة بنمط متكرر. وتسمى الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني **وحدة الصيغة الكيميائية** وهي تمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب وهي وحدة واحدة فقط من الشبكة البلورية. فمثلاً، وحدة الصيغة الكيميائية لكلوريد الماغنسيوم هي $MgCl_2$؛ لأن نسبة أيونات Cl^- : Mg^{2+} هي 1:2، والشحنة الكلية في وحدة الصيغة الكيميائية هي صفر؛ لأنها تمثل البلورة بكاملها، والتي تكون متعادلة كهربائيًّا.

الأيونات الأحادية الذرة تتكون المركبات الأيونية الثنائية من أيونات موجبة أحادية الذرة (من الفلز) وأيونات سالبة أحادية الذرة (من اللافلز). ويتكون **الأيون الأحادي الذرة** من ذرة عنصر واحدة مشحونة مثل Mg^{2+} أو Br^-، ويبين **الجدول 6–4** شحنة بعض الأيونات الشائعة الأحادية الذرة حسب موقعها في الجدول الدوري. ما صيغة كل من أيون البريليوم، وأيون اليوديد، وأيون النيتريد؟

لا يتضمن **الجدول 6–4** الفلزات الانتقالية التي تقع في المجموعات 3 – 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 6-4 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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 7-4	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^{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+}

أعداد التأكسد تُعرّف شحنة الأيون الأحادي الذرة **بعدد التأكسد**، أو حالة الأكسدة. وكما يبين **الجدول 7–4**، فإن لمعظم الفلزات الانتقالية، وفلزات المجموعتين 13 و 14 أكثر من عدد تأكسد محتمل. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أعداد التأكسد الظاهرة في **الجدول 7–4** ليست الوحيدة المحتملة ولكنها الأكثر شيوعًا.

وعدد التأكسد لأي عنصر في المركب الأيوني يساوي عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها الذرة في أثناء التفاعل الكيميائي. فمثلًا، تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا واحدًا لينتقل إلى ذرة الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم، مما ينتج عنه تكوّن Na^+ و Cl^-. لذا فإن عدد تأكسد الصوديوم في المركب 1+، حيث انتقل إلكترون واحد منها. أما عدد تأكسد ذرة الكلور 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 نعتبر 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، يجب أن يكون الناتج صفرًا.

افترض أنك تريد معرفة صيغة المركب المكون من أيونات الصوديوم والفلور، ابدأ بكتابة رمز وشحنة كلا العنصرين F^-، Na^+، على أن تبين نسبة الأيونات في وحدة الصيغة أن 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؟ حدِّد العلاقة بين شحنة الأيون وعدد تأكسده.

مهن في الكيمياء

علماء التغذية هل فكرت يومًا في علاقة العلم بالطعام الذي تتناوله؟ يهتم علماء التغذية بدراسة تأثير طرائق تحضير الطعام في مظهره ورائحته ومذاقه والفيتامينات والمعادن المتوافرة فيه. كما أنهم يقومون بتطوير صناعة الأطعمة والعصائر ويحسّنونها.

المفردات

الانتقال

التغير في موضع الشيء.

اضطر أحمد إلى الانتقال إلى مدرسة أخرى عند انتقال والديه إلى منطقة أخرى.

مثال 1–4

صيغة المركب الأيوني أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني المكوَّن 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 يكوِّن أيونًا 1+، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكوِّن أيونًا ثنائيًا سالب الشحنة 2–.

$$K^{+} \qquad O^{2-}$$

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

$$K^{+} \quad O^{2-}$$
$$K_2 \quad O_1$$

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.

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

مثال 2–4

صيغة المركب الأيوني أوجد الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني 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–.

$$Al^{3+} \qquad S^{2-}$$

تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين. على أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة ويتم ذلك بطريقة التبادل.

$$Al^{3+} \quad S^{2-}$$
$$Al_2 \quad S_3$$

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، وهي توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات كبريت.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا.

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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

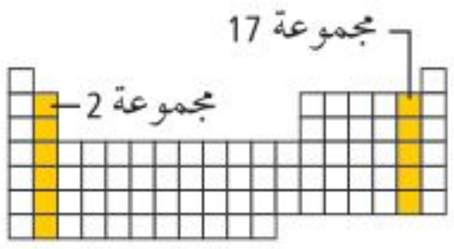
19. اليوديد والبوتاسيوم

20. البروميد والألومنيوم

21. الكلوريد والماغنسيوم

22. النيتريد والسيزيوم

23. تحفيز اكتب الصيغة العامة للمركب الأيوني الذي يتكون من عنصري المجموعتين المبينتين في الجدول المقابل استخدم الرمز X ليمثل عنصرًا في المجموعة2، والرمز Y ليمثل عنصرًا في المجموعة 17.



صيغ المركبات الأيونية العديدة الذرات تحتوي العديد من المركبات الأيونية على **أيونات عديدة الذرات**، أيْ الأيونات المكونة من أكثر من ذرة واحدة. يبين **الجدول 8–4** و**الشكل 9–4** قائمة بالصيغ والشحنات الكهربائية للأيونات الشائعة العديدة الذرات. ويسلك الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة في المركبات، وشحنته الكهربائية تساوي مجموع شحنات الذرات كلها معًا. لذا تتبع صيغة الأيونات المكونة من مجموعة من الذرات قواعد كتابة صيغ المركبات الثنائية نفسها.

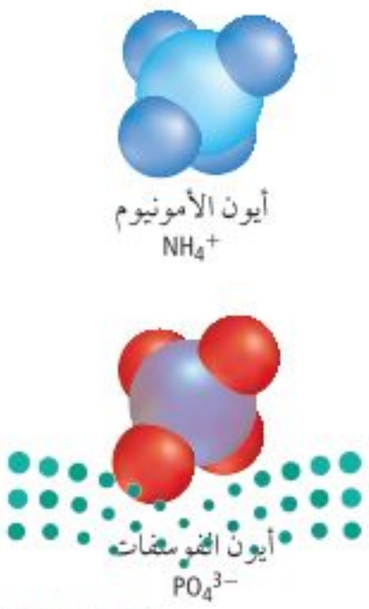
ونظرًا إلى وجود الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة، فلا يجوز تغيير الأرقام الموجودة أسفل يمين رموز الذرات في الأيون. وإذا دعت الحاجة إلى وجود أكثر من أيون متعدد الذرات، نضع رمز الأيون داخل قوسين، ثم نشير إلى العدد المطلوب بوضع الرقم أسفل يمين القوس من الخارج. ومن ذلك المركب المكون من أيون الأمونيوم NH_4^+ وأيون الأكسجين O^{2-}. يحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى أيونين من الأمونيوم لكل أيون من الأكسجين، أيْ أن الصيغة الصحيحة هي $(NH_4)_2O$.

الجدول 8-4 **الأيونات العديدة الذرات**

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البيرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات(الخلات)	$CH3COO^-$
النترات	NO_3^-	الفوسفات الثنائية 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	$Cr_2O_7^{2-}$
البيركلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

الشكل 9–4 أيونات الأمونيوم والفوسفات 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؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 3–4

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 وصيغة هذا المركب مجهولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرفقًا بشحنته الكهربائية. ولأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكوِّن أيونًا موجبًا ثنائي الشحنة 2+، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية 3–.

$$Ca^{2+} \quad PO_4^{3-}$$

$$Ca_3 \quad (PO_4)_2$$

2 حساب المطلوب

القاسم المشترك هو العدد الذي يقبل القسمة على مقدار شحنات الأيونات 2 و 3 وهو 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 تساوي صفرًا.

$$3\ \cancel{\text{Ca ion}}\left(\frac{2+}{\cancel{\text{Ca ion}}}\right) + 2\ \cancel{PO_4\ \text{ions}}\left(\frac{3-}{\cancel{PO_4\ \text{ion}}}\right) = 3\ (+2) + 2(-3) = 0$$

مسائل تدريبية

اكتب صيغ المركبات الأيونية المكونة من الأيونات الآتية:

24. الصوديوم والنترات **25.** الكالسيوم والكلورات **26.** الألومنيوم والكربونات

27. تحفيز اكتب صيغة المركب الأيوني المكون من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكوَّن من الكربون والأكسجين فقط.

أسماء الأيونات والمركبات الأيونية Names for Ions and Ionic Compounds

يستخدم العلماء طرائق منظمةً عند تسمية المركبات الأيونية، وبسبب احتواء المركبات الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة، يأخذ النظام تسمية هذه الأيونات بعين الاعتبار.

تسمية الأيون الأكسجيني السالب **الأيون الأكسجيني السالب** 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 9–4**.

الجدول 9-4 **تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين**

- عليك أن تعرف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره.
- عليك أن تعرف 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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يبين **الجدول 10–4** كيف يكوِّن الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الهالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في تسمية أيونات الكلور. فعلى سبيل المثال، يكوّن البروم أيون البرومات BrO_3^-، ويكوّن اليود أيون البيرأيودات IO_4^- وأيون أيودات IO_3^-.

تسمية المركبات الأيونية تُسمى المركبات بطريقة منهجية، ولأنه أصبح الآن لديك معرفة بالصيغ الكيميائية، لذا يمكنك استعمال القواعد الخمس الآتية لتسمية المركبات الأيونية:

1. نذكر اسم الأيون السالب أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية يُكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يليه الأيون السالب.
2. استخدم اسم العنصر نفسه في تسمية أيونه الموجب الأحادي الذرة.
3. في حالة الأيونات السالبة الأحادية الذرة يشتق 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 7–4**. 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.

5. 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 10-4
طرائق تسمية الأيونات الأكسجينية التي يكوِّنها 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 ذرَّة واحدة بإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.	ClO_4^- بيركلورات
• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل ذرتين بإضافة مقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.	ClO_3^- كلورات
• يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل من ثلاث ذرات بإضافة مقطع (هيبو)، ثم المقطع (يت) إلى نهاية جذر اللافلز.	ClO_2^- كلوريت
	ClO^- هيبوكلوريت

مسائل تدريبية

سمّ المركبات الآتية:

28. NaBr
29. $CaCl_2$
30. KOH
31. $Cu(NO_3)_2$
32. Ag_2CrO_4

33. **تحفيز** يُعد المركب الأيوني NH_4ClO_4 من أهم المواد المتفاعلة الصلبة المستخدمة في وقود إطلاق مركبات الفضاء. ومنها تلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركب؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

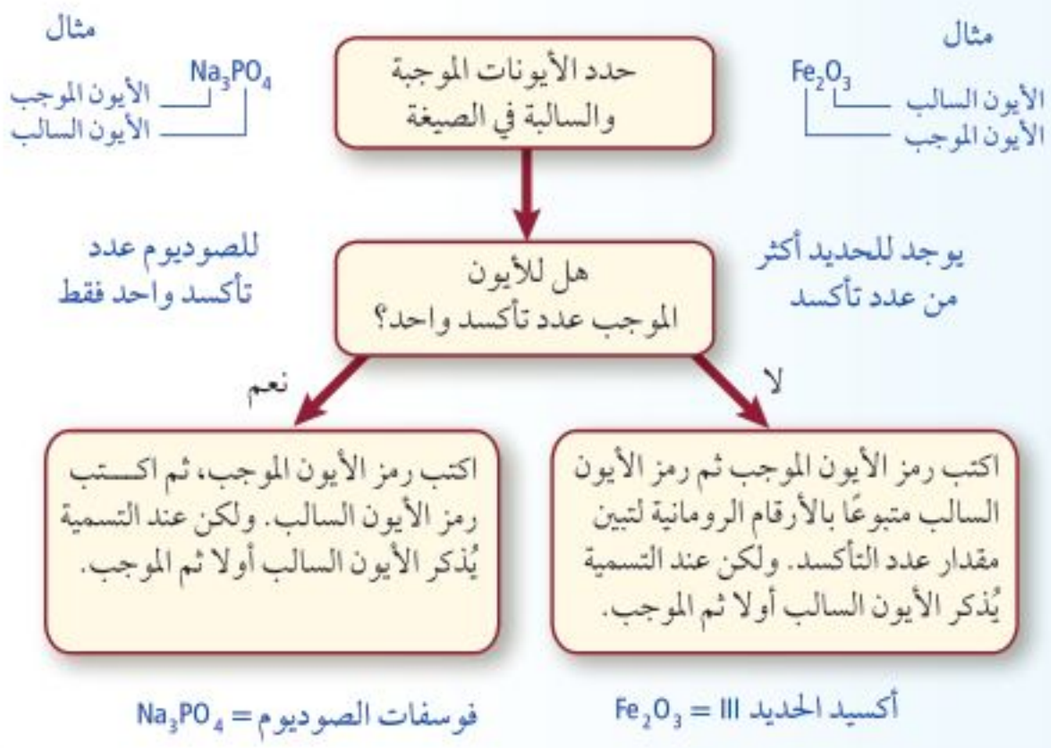
استراتيجيات حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسـمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المقابل.

طبق الاستراتيجية

سمِّ المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط.



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

التقويم 4-3

الخلاصة

- تبين وحـدة الصيغة الكيميائية نسـبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
- يتكون الأيون الأحـادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة تأكسد.
- تتكون الأيونـات العديدة الذرات من مجموعة ذرات.
- تستخدم الأقواس حول الأيون وتوضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

34. الفكرة الرئيسة **صف** ترتيب الأيونات عند كتابـة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم، وعند ذكر اسمه.

35. **صـف** الفرق بين الأيونات الأحادية الـذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثالاً على كلٍّ منهما.

36. **طبّق** شـحنة الأيون X هي 2 + وشـحنة 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 الأرقام السـفلية المصغرة التي ستستعملها 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–4

الأهداف

- **تصف** الرابطة الفلزية.
- **تربط** نموذج بحر الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.
- **تعرّف** السبائك، وتذكر خواصها.

مراجعة المفردات

الخاصية الفيزيائية: خاصية المادة التي يمكن مشاهدتها وقياسها دون تغيير تركيب المادة.

المفردات الجديدة

نموذج بحر الإلكترونات

الإلكترونات الحرة

الرابطة الفلزية

السبيكة

الروابط الفلزية وخواص الفلزات

Metallic Bonds and the Properties of Metals

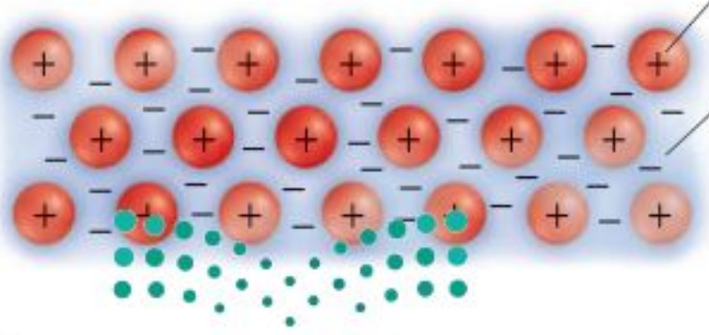
الفكرة الرئيسة **تكوّن الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها بحر من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.**

الربط مع الحياة تخيل سفينة عائمة تتمايل في المحيط وهي محاطة بالماء من كل جانب. وعلى الرغم من بقاء السفينة عائمة في مكانها إلاَّ 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 إلاَّ أنها تشترك مع المركبات الأيونية في عدة خواص؛ فالروابط في الفلزات والمركبات الأيونية تعتمد على التجاذب بين الجسيمات ذات الشحنات المختلفة. وفي العادة تكوِّن الفلزات شبكات بلورية في الحالة الصلبة شبيهة بالشبكة البلورية الأيونية التي سبق ذكرها. وفي هذه الحالة تكون كل ذرة عنصر محاطة بـ 8 – 12 ذرة أخرى.

بحر من الإلكترونات رغم أن لذرات الفلزات إلكترون تكافؤ على الأقل، إلاَّ 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 بحر 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 الذرات 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 بحر من إلكترونات التكافؤ، كما يبين **الشكل 10–4**. **والرابطة الفلزية** هي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرة في الشبكة الفلزية.



الشكل 10-4 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 وبحر الشحنات السالبة إلى ربط ذرات الفلز بعضها مع بعض في الشبكة الفلزية.

فسر لماذا تعرف إلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

خواص الفلزات يفسر الترابطُ الفلزي الخواصَّ الفيزيائية للفلزات، والتي تظهر قوة الروابط الفلزية.

درجتا الغليان والانصهار تختلف درجات انصهار الفلزات على نحو كبير. فالزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة، مما يجعله يستخدم 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 11–4**، إلا أن درجات الانصهار ليست مرتفعة جدًّا كدرجات الغليان؛ لأن الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الحركة في الفلز ليست بحاجة إلى طاقة كبيرة جداً لجعلها تتحرك بعضها فوق بعض. إلاَّ أنه في أثناء الغليان يجب فصل الذرات عن مجموعة الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الأخرى، مما يتطلب طاقة كبيرة جدًّا.

الجدول 11-4 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

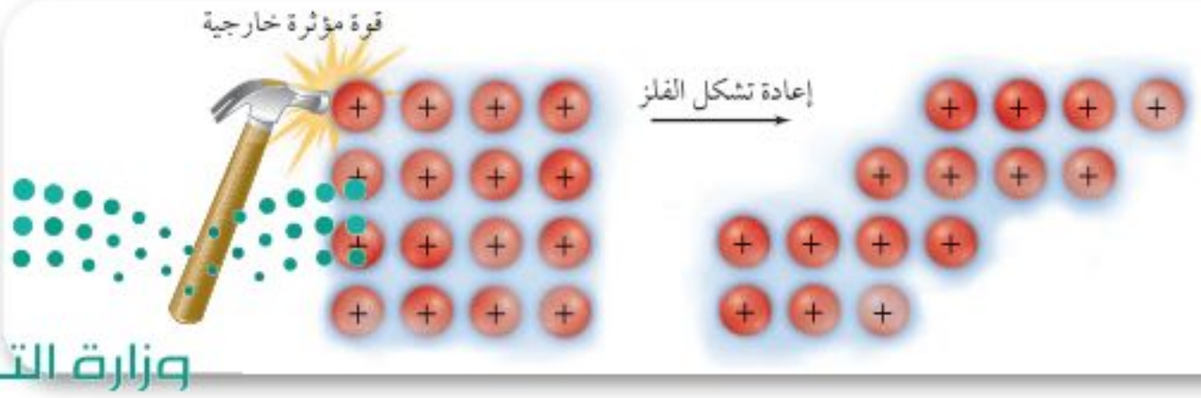
قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أيْ أنها تتحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضًا قابلة للسحب، أيْ يمكن تحويلها إلى أسلاك. ويوضح **الشكل 11–4** كيف تتحرك الجسيمات الموجودة في الترابط الفلزي بواسطة الدفع أو الشد، بعضها عبر بعض. وتكون الفلزاتِ عادة متينة للغاية. وعلى الرغم من حركة الأيونات الموجبة في الفلز إلاّ أنها ترتبط مع الإلكترونات المحيطة بها بصورة قوية، ولا يمكن فصلها بسهولة عن الفلز.

توصيل الحرارة والكهرباء تجعل حركة الإلكترونات حول أيونات الفلزات الموجبة– الفلزاتِ موصلات جيدةً 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 المستوى s، وإنما تشمل أيضًا الإلكترونات الداخلية في المستوى 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 أن الفلزات القلوية لينة؛ لأن لها إلكترونًا واحدًا حر الحركة في المستوى ns^1.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين ما يحدث عند طَرْق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالمطرقة؟



الشكل 11–4 تؤدي القوة المؤثرة الخارجية (كالمطرقة مثلاً) إلى جعل الأيونات تتحرك عبر الإلكترونات الحرة، مما يجعل الفلز قابلاً للطرق والسحب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 من السبائك الكثيرة المفيدة. كما تستعمل سبيكة التيتانيوم والفناديوم لبناء هياكل الدراجات الهوائية كالتي تظهر في **الشكل 12–4**.

خواص السبائك تختلف خواص السبائك قليلاً عن خواص عناصرها المكونة لها. فالفولاذ مثلًا حديد مخلوط بعنصر آخر على الأقل. تبقى بعض خواص الحديد فيه، ولكن للفولاذ خواص إضافية أخرى منها أنه أكثر قوة. وتتفاوت خواص بعض السبائك وتتغير باختلاف طرائق تصنيعها. وفي حالة بعض الفلزات تنتج بعض الخواص المختلفة اعتمادًا على طريقة التسخين والتبريد. ويبين **الجدول 12–4** أسماء بعض السبائك المهمة واستعمالاتها المتنوعة.

الشكل 12–4 تُصنع أجزاء الدراجات الهوائية في بعض الأحيان من سبيكة التيتانيوم، التي تحتوي على 3% من الألومنيوم و2.5% من الفاناديوم.

الجدول 12-4 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، الميداليات
الحديد الصلب	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
الفولاذ المقاوم للصدأ	73–79% Fe, 14–18% Cr, 7–9% Ni	المغاسل، والأدوات
فضة النقود	92.5% Ag, 7.5% Cu	أدوات المائدة، والحلي

المفردات

أصل الكلمة

السبيكة Alloy

جاءت من الكلمة اللاتينية alligare والتي تعني يثني.

التقويم 4-4

الخلاصة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

40. الفكرة الرئيسة **قارن** بين تركيب المركبات الأيونية والفلزات.

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. بحيث تشمل على الأقل طريقتين مختلفتين للمقارنة بين المواد الصلبة. فسّر إجابتك.

44. نموذج ارسم نموذجًا يوضح قابلية الفلزات للطَّرْق، أو السحب إلى أسلاك، مستعينًا بنموذج بحر الإلكترونات كما في **الشكل 10–4**.

الكيمياء في واقع الحياة

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 بعض الأنواع منخفضة الجودة مما لا تنطبق عليها مواصفات الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة ،والتي تُصنع في بعض الدول كالصين والهند وهذا لا ينافي حقيقة أنها دول صناعية متقدمة في صناعات عدة- 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 Pb^{2+} وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تحل محل أيونات الكالسيوم Ca^{2+}. ورغم تشابههما في الشحنات الكهربائية، فإن أيونات الرصاص أثقل كثيرًا من أيونات الكالسيوم، مما قد 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، إلاَّ أنه ما زال يستخدم في أمور أخرى. فالإناء الظاهر في **الشكل 1** تم طلاؤه بالرصاص، ثم حرقه لإعطائه اللون الأسود المميز. وتولّد مركبات الرصاص المستخدمة في الطلاء ألوانًا زاهية عند حرقها في ظروف محددة.

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، حيث يقلل من احتمال احتراق الجازولين قبل الموعد المحدد في محرك السيارة.

عملية إزالة الرصاص Chelation الأطفال أكثر قابلية للتسمم بالرصاص؛ بسبب صغر أحجام أجسامهم ومعدلات نموهم المرتفعة. وفي الحالات الحرجة تصبح عملية إزالة الرصاص هي الطريقة الوحيدة لإنقاذ حياة الطفل. وفي هذه العملية يتم التخلص من أحد أهم التأثيرات السامة للرصاص، عن طريق إحلال الكالسيوم محل الرصاص السام في الجسم.

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 (إيثلين جلايكول) - لمعرفة لماذا لا تُظهر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها؟

الشكل 1 مركّبات الرصاص المستخدمة في تلوين الفخار تعطي الوعاء مظهره المتميز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

تحضير مركب أيوني

الخلفية: ستقوم بتحضير مركبين كيميائيين وفحصهما لتحديد بعض خواصهما. 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 الماغنسيوم (25cm)	بوتقة
حامل الحلقة ومثبت	مثلث خزفي
لهب بنزن	قضيب للتحريك
ملقط بواتق	ميزان يقيس 1/100g
كأس سعتها 100 mL	ماء مقطر
جهاز الموصلية الكهربائية	

إجراءات السلامة

تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الماغنسيوم المشتعل؛ لأن وهج الضوء يؤذي العين، وتجنب حمل المواد الساخنة حتى تبرد.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. دوّن القياسات كلها في جدول البيانات.
3. ضع الحلقة الدائرية على الحامل على ارتفاع 7cm فوق لهب بنزن، ثم ضع المثلث الخزفي عليها.
4. قس كتلة البوتقة بعد تنظيفها وتجفيفها.
5. لف 25cm من شريط الماغنسيوم على شكل كروي، ثم قس كتلة شريط الماغنسيوم والبوتقة معًا.
6. ضع البوتقة على المثلث، وسخنها بواسطة اللهب (يجب أن يكون رأس اللهب قرب البوتقة).
7. أغلق لهب بنزن عندما يبدأ الماغنسيوم في الاشتعال والاحتراق بشعلة بيضاء ساطعة، ثم دع البوتقة حتى تبرد، وقس كتلة نواتج احتراق الماغنسيوم والبوتقة.
8. ضع المكونات الصلبة الجافة في الكأس.
9. أضف 10 mL من الماء المقطر إلى الكأس وحرك الخليط جيدًا، ثم افحص المخلوط بواسطة جهاز الموصلية الكهربائية.
10. **التنظيف والتخلص من النفايات:** تخلص من النفايات حسب تعليمات المعلم. نظف البوتقة بالماء، وأعد أدوات المختبر إلى أماكنها.

حلل واستنتج

1. **حلل البيانات:** احسب كتلة الشريط والناتج، وسجل قيم الكتل في جدول البيانات.
2. **صنّف** أشكال الطاقة المنبعثة. ماذا تستنتج عن استقرار المواد الناتجة؟
3. **استنتج:** هل يتفاعل الماغنسيوم مع الهواء؟
4. **توقّع** الصيغ الكيميائية للمادتين الناتجتين، واكتب اسميهما.
5. **حلّل واستنتج:** لون ناتج تفاعل الماغنسيوم مع الأكسجين أبيض، في حين أن لون ناتج تفاعل الماغنسيوم مع النيتروجين أصفر. أي هذين المركبين يشكل الجزء الأكبر من الناتج؟
6. **حلّل واستنتج:** هل توصل محاليل مركبات الماغنسيوم التيار الكهربائي؟ وهل تؤكد النتائج أنّ المركبات أيونية؟
7. **حلل مصادر الخطأ:** إذا أظهرت النتائج أن الماغنسيوم فقد جزءًا من كتلته بدل أن يكتسب كتلة إضافية فاذكر الأسباب المحتملة لذلك.

الاستقصاء

صمّم تجربة إذا كانت محاليل مركبات الماغنسيوم موصلة للتيار الكهربائي فهل تستطيع التأثير في جودة توصيلها للكهرباء؟ وإذا لم تكن موصلة للتيار فكيف تجعلها قادرة على ذلك؟ صمّم تجربة لمعرفة ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

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

4-1 تكون الأيون

الفكرة الرئيسة تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثُّماني الأكثر استقرارًا.

المفردات

- الكاتيون
- الأنيون

المفاهيم الرئيسة

- تكوِّن بعضُ الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مملوءًا بالإلكترونات. 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.

4-2 الروابط والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسة تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائيًّا.

المفردات

- الرابطة الأيونية
- المركبات الأيونية
- الشبكة البلورية
- الإلكتروليت
- طاقة الشبكة البلورية

المفاهيم الرئيسة

- الرابطة الكيميائية قوة تربط بين ذرتين.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين الأيونات المختلفة الشحنات.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالشبكة البلورية.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية التي في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة الشبكة البلورية بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

4-3 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

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

المفردات

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

المفاهيم الرئيسة

- 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 تأكسد.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة ذرات.
- تستخدم الأقواس حول الأيون وتوضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

4-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

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

المفردات

- نموذج بحر الإلكترونات
- الرابطة الفلزية
- الإلكترونات الحرة
- السبيكة

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج بحر الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج بحر الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز مع عنصر آخر أو أكثر.

4-1

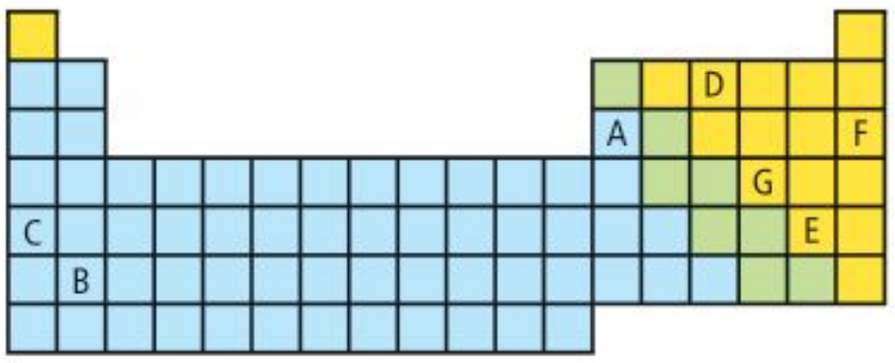
إتقان المفاهيم

45. كيف تتكون الأيونات الموجبة والسالبة؟

46. متى تتكون الروابط الأيونية؟

47. لماذا تكوِّن الهالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسر إجابتك.

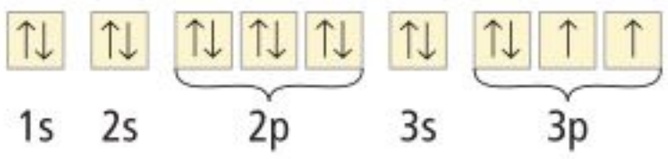
48. يوضح **الشكل 13–4** العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر، وتعرّف الأيون الذي يكوّنه.



الشكل 13–4

49. ناقش أهمية طاقة التأين عند تكوّن الأيونات.

50. يوضح **الشكل 14–4** رسم مربعات مستويات الكبريت. اشرح كيف يكوّن الكبريت أيونه؟



الشكل 14–4

إتقان حل المسائل

51. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من العناصر الآتية؟

a. السيزيوم **b.** الخارصين

c. الروبيديوم **d.** الإستراتشيوم

e. الجاليوم

52. وضح لماذا لا تكوِّن الغازات النبيلة روابط كيميائية؟

53. وضح كيف يتكون أيون الباريوم الموجب؟

54. وضح كيف يتكون أيون النيتروجين السالب؟

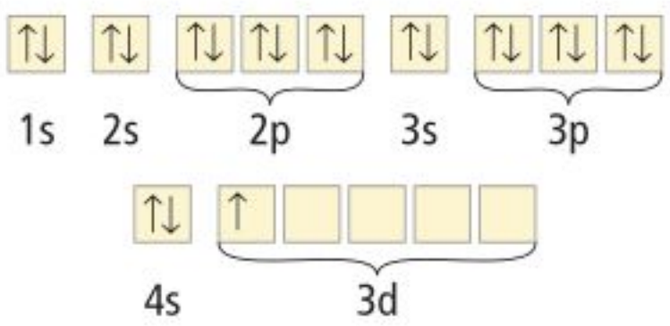
55. كلما زاد نشاط الذرة ارتفعت طاقة الوضع لها. فأيهما له طاقة وضع أكبر: النيون أم الفلور؟ فسِّر إجابتك.

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 المستويات الموضح في **الشكل 15–4**.



الشكل 15–4

4-2

إتقان المفاهيم

59. ماذا يعني مصطلح متعادل كهربائيًّا 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 في روابط أيونية.

63. صف البلورة الأيونية، واشرح لماذا تختلف أشكال بلورات المركبات الأيونية؟

64. يظهر في **الشكل 13–4** الرمز B وهو للباريوم، والرمز E وهو لليود. اشرح لماذا لا يكون ناتج تفاعل هذين العنصرين يوديد الباريوم BaI؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

إتقان حل المسائل

65. حدد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في كل مما يأتي:

a. كلوريد البوتاسيوم، الذي يحل محل ملح الطعام.

b. فلوريد الكالسيوم، الذي يستخدم في صناعة الفولاذ.

c. أكسيد الكالسيوم، الذي يستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.

d. كلوريد الإسترانشيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

66. انظر **الشكل 13–4**، ثم صف المركّب الأيوني الذي يكوّنه العنصران C و D.

67. وضِّح كيف تتكون الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين؟

68. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدمًا رسم مربعات المستويات.

69. وضح بالرسم تكوّن الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. الموصلات: توصل المركبات الأيونية التيار الكهربائي في ظروف محددة. وضِّح هذه الظروف، وفسر لماذا لا توصل المركبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

71. أيّ المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه: $CaKr$ ، Na_2S ، $BaCl_3$ ، MgF ؟ فسر إجابتك.

72. استخدم **الجدول 5–4** لتحديد المركب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار: $AgCl$، KI، MgO، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: ($CsCl$ أو CaO)، (KCl أو K_2O)؟ فسر إجابتك.

4-3

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 تُسمي 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 I

c. كلوريد النحاس II

d. بيرأيودات البوتاسيوم

e. أسيتات الفضة I

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 13–4** بالبيانات الناقصة.

الجدول 13-4 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-}		

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

82. الكروم عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي، ويكوّن الأيونات Cr^{2+} و Cr^{3+}. اكتب صيغ المركبات الأيونية الناتجة عن تفاعل 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 14–4**، واذكر اسم كل مركب ناتج.

الجدول 14-4 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة

الأيون الموجب	الأيون السالب
K^+	SO_3^{2-}
NH_4^+	I^-
Fe^{3+}	NO_3^-

4-4

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 $1287^{\circ}C$، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم $180^{\circ}C$. اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.

93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم $3297^{\circ}C$، في حين تبلغ درجة حرارة غليان النحاس $2570^{\circ}C$. اشرح سبب الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

مراجعة عامة

94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟

95. اشرح لماذا يكوِّن الكالسيوم أيون Ca^{2+} وليس أيون Ca^{3+} ؟

96. أي المركبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: $NaCl$ أو $MgCl_2$ 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. يكوِّن الكوبلت– وهو عنصر انتقالي– أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضًا. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون من كلا الأيونين.

99. أكمل **الجدول 15–4**

الجدول 15-4 بيانات العنصر والإلكترون والأيون

العنصر	إلكترونات التكافؤ	الأيون الناتج
السيلينيوم		
القصدير		
اليود		
الأرجون		

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

100. الذهب اشرح باختصار لماذا يستخدم الذهب في صناعة الحلي والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟

101. وضِّح كيف يتكون أيون النيكل الذي عدد تأكسده 2+؟

102. ارسم نموذجًا يمثل الرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.

103. عندما يشتعل الماغنسيوم في الهواء يكون كلًّا من أكسيد ونتريد الماغنسيوم. ناقش كيف يتكون أكسيد ونتريد الماغنسيوم عند تفاعل الماغنسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على الترتيب.

104. يتغير شكل الصوديوم إذا أثرت فيه قوة خارجية، في حين يتفتت كلوريد الصوديوم عند طرقه بالقوة نفسها. ما سبب 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. توقَّع: تفحص كلًّا من الأزواج الآتية، ثم بيِّن المادة الصلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسر إجابتك.

a. $NaCl$ أو $CsCl$

b. Ag أو Cu

c. Na_2O أو MgO

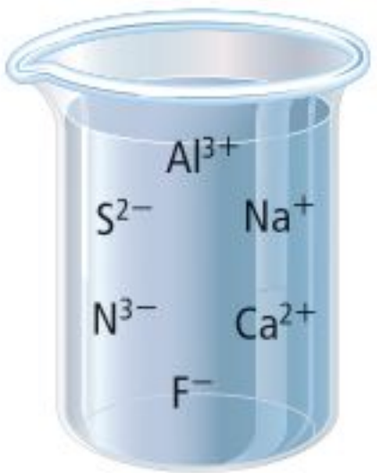
108. قارن بين الأيونين الموجب والسالب.

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.** أكسيد الصوديوم الثنائي

c. Pb_2O_5 **d.** Mg_2O_2

e. Al_2SO_{43}



الشكل 16–4

110. طبِّق تفحّص الأيونات في **الشكل 16–4**، وحدّد مركبين يمكن أن يتكونا من الأيونات الموجودة، واشرح كيف يحدث ذلك ؟

111. طبِّق البراسيُوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتكوّن كلوريد البراسيوديميوم III. كما يتفاعل مع حمض النيتريك ليكون نترات البراسيوديميوم III. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسيوديميوم هو $[Xe]\,4f^3 6s^2$،

a. فتفحّص التوزيع الإلكتروني، واشرح كيف يكون البراسيوديميوم الأيون 3+؟

b. واكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركّبين اللذين يكونهما عنصر البراسيوديميوم.

112. كوِّن فرضية تفحّص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وصغ فرضية تشرح فيها لماذا تكون درجة انصهار الكالسيوم أعلى كثيرًا من درجة انصهار البوتاسيوم؟

113. قوِّم اشرح لماذا يعد اصطلاح الإلكترونات الحرة مناسبًا لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

114. طبِّق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكون بعض العناصر ومنها البرد والكبريت روابط فلزية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

115. حلّل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحفيز

116. المركبات الأيونية يعد الكريسوبيرل من المعادن الشفافة أو شبه 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. هالوجين له ثاني أقل كتلة.

b. شبه فلز له أقل رقم دورة.

c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.

d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة.

e. لافلز في المجموعة 15 صلب 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 المختبر. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، وصمّم تجربة لعمل ذلك في المختبر.

أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتعلقة بالأيونات كما في **الجدول 16–4**.

الجدول 16-4 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 بيانيًّا بالأعمدة تركيز كل أيون، مبينًا صعوبات القيام بهذا العمل.

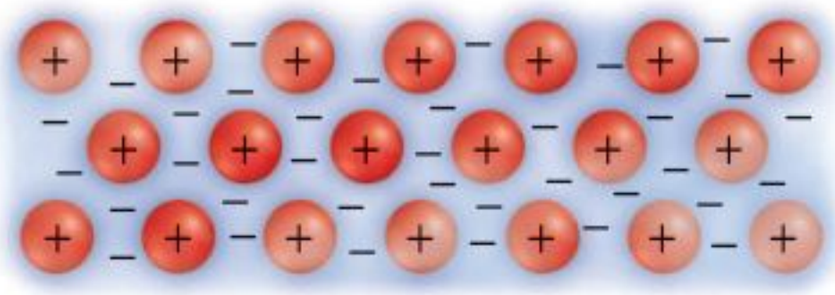
125. لا يعد كلوريد الصوديوم المركب الوحيد الذي يتم الحصول عليه من مياه البحار. تعرّف أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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. له توزيع إلكتروني يشبه التوزيع الإلكتروني للأرجون Ar.

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 الروابط الأيونية فيها؟

a. $BaCl_2$ **c.** NaBr

b. LiF **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

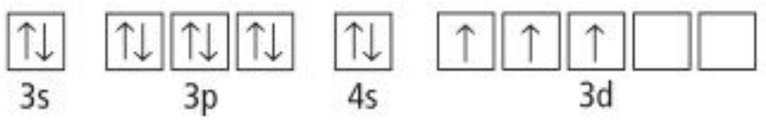
b. $Cr_2(SO_4)_3$

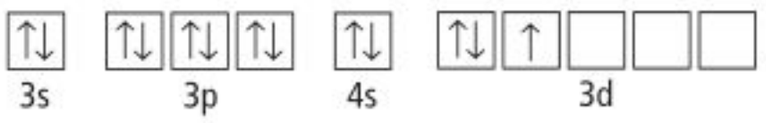
c. $Cr_3(SO_4)_2$

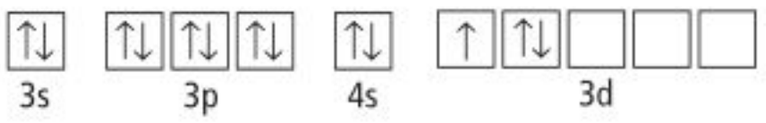
d. $Cr(SO_4)_3$

6. أي رسوم مربعات المستويات لعنصر الفناديوم في الشكل أدناه يعد صحيحًا؟

a.

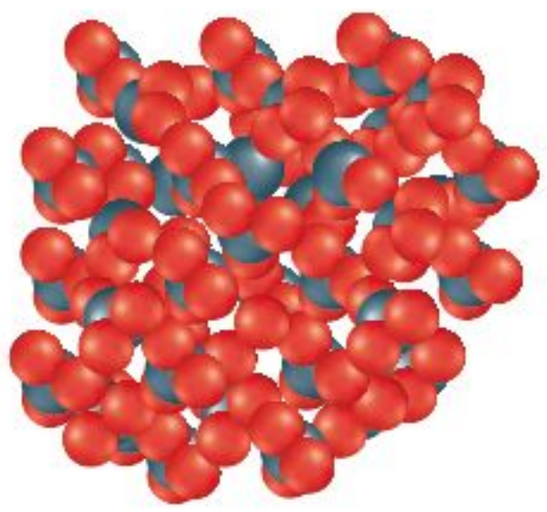
b.


c.


d.


أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ حالات المادة يمثّلها هذا الشكل؟

a. الصلبة؛ لأن الدقائق متراصة جدًّا.

b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.

c. الصلبة؛ لأن للنموذج شكلاً ثابتًا محددًا.

d. السائلة؛ لأن الدقائق تتحرك بعضها فوق بعض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 – 12.

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

e. كلور

8. ما العنصر الذي ينتهي مداره الأخير بالمستوى الثانوي s؟

9. أي هذه العناصر له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

10. أيها يعد عنصرًا انتقاليًّا؟

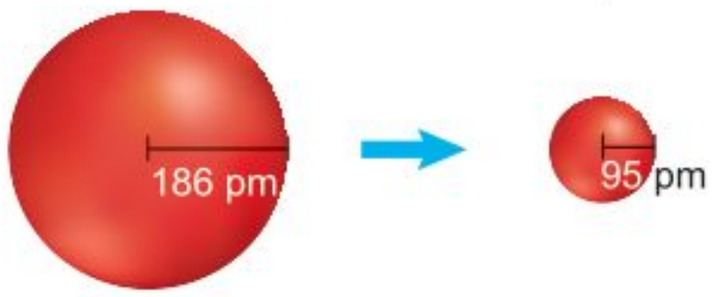
11. أي العناصر له التركيب الإلكتروني الآتي:
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$؟

12. أيها غاز نبيل؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الذرة والتغير في البناء الذري عند الانتقال من اليســـار إلى اليمين عبر الجدول الدوري؟

استعن بالرسوم أدناه للإجابة عن السؤال 14.

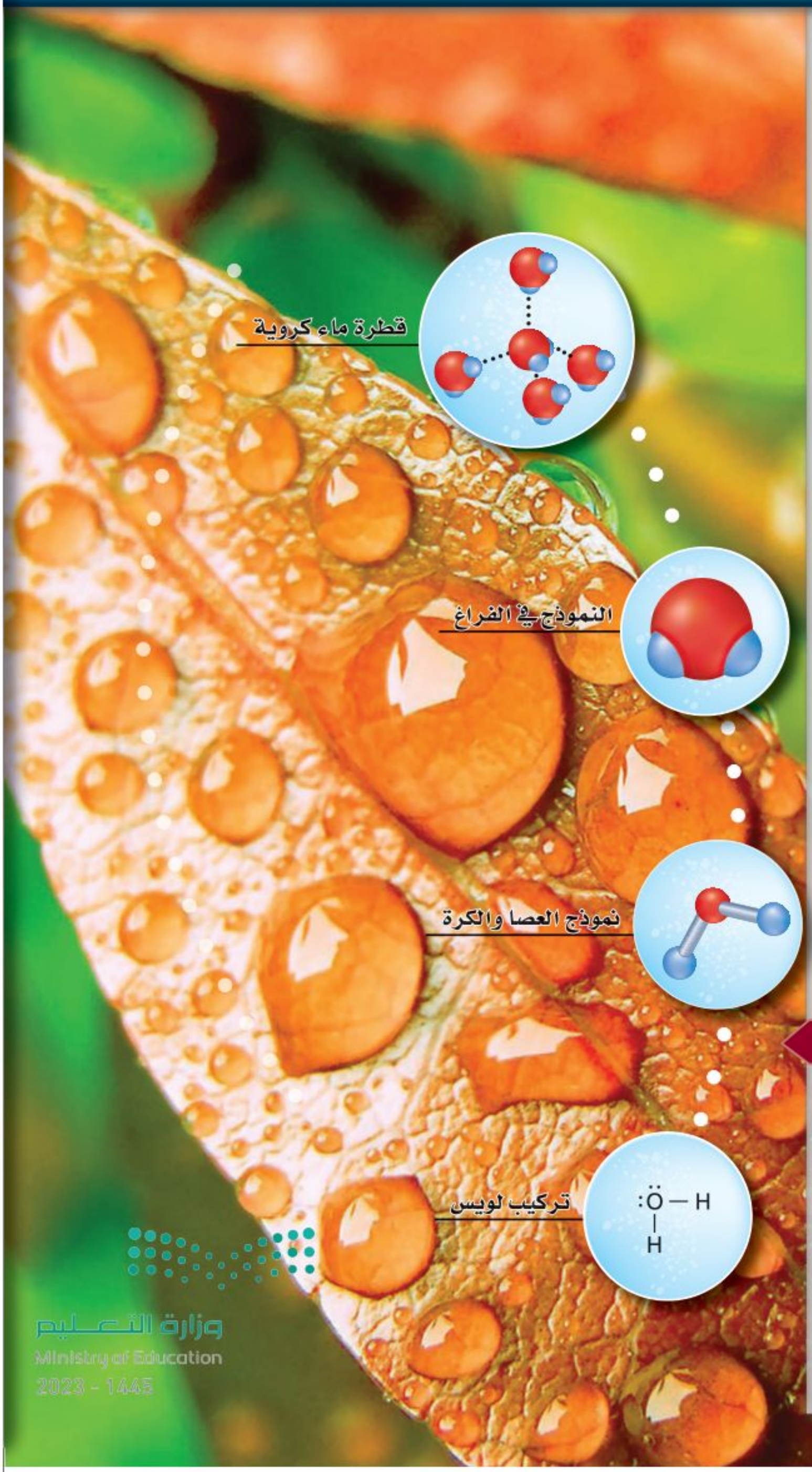


14. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الأيون والتغيرات التي تحدث عند تكوّن الأيون من ذرته المتعادلة عبر الجدول الدوري؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5

الروابط التساهمية
Covalent Bonding



الفكرة العامة تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

5-1 الرابطة التساهمية

الفكرة الرئيسة تستقر ذرات بعض العناصر عندما تتشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

5-2 تسمية الجزيئات

الفكرة الرئيسة تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية الذرات، والأحماض الأكسجينية.

5-3 التراكيب الجزيئية

الفكرة الرئيسة تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معًا داخل الجزيء.

5-4 أشكال الجزيئات

الفكرة الرئيسة يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

5-5 الكهروسالبية والقطبية

الفكرة الرئيسة يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.

حقائق كيميائية

- يعود الشكل الكروي لقطرة الماء إلى قوة التوتر السطحي، بسبب القوى بين الجزيئات.
- تعمل قوة التوتر السطحي في الماء عمل غشاء مرن على السطح. وتستطيع بعض الحشرات المشي على سطح هذا الغشاء الذي يكونه الماء.
- الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء تجعله سائلاً فريدًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما نوع المركب المستخدم لعمل كرة مميزة؟

تُصنع هذه الكرات في الغالب من مركب يدعى أكسيد السليكون العضوي $Si(OCH_2CH_3)_2O$.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. غطِّ الطاولة بالمناديل الورقية، وضع فوقها كوبًا ورقيًّا، والبس القفازين.
3. قس 20.0mL من محلول سليكات الصوديوم بالمخبار المدرج وصبّها في الكوب. وأضف إلى الكوب قطرة من ملوِّن الطعام و10.0mL من الإيثانول، ثم حرك المحتويات جيدًا مدة 3 ثوانٍ في اتجاه عقارب الساعة.

تحذير: إياك أن تضع الإيثانول قرب اللهب أو أي مصدر آخر للشرر؛ لأن بخاره قابل للانفجار.

4. صبّ الخليط في راحة اليد وأنت لا تزال تلبس القفازات وتعمل فوق الطاولة المغطاة بمناديل الورق، ثم اضغط برفق على السائل عندما يبدأ في التصلب.
5. كوِّر العجينة في راحة اليد لتصنع كرة، ثم أسقطها على الأرض، وسجل ملاحظاتك.
6. احفظ الكرة في مكان معزول عن الهواء؛ لأنك ستحتاج إلى تشكيلها قبل استخدامها مرة أخرى.

تحليل النتائج

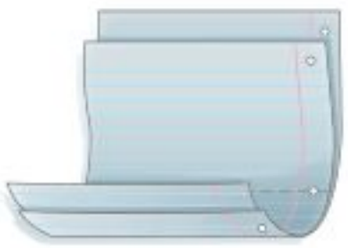
1. **صف** خواص الكرة التي شاهدتها.
2. **قارن** بين الخواص التي شاهدتها وخواص المركب الأيوني.

استقصاء ما عدد الإلكترونات التي يحتاج إليها كل من السليكون والأكسجين للوصول إلى حالة الثمانية؟ وإذا كانت كلتا الذرتين بحاجة إلى اكتساب الإلكترونات فكيف يكونان رابطة معًا؟

المطويات
منظمات الأفكار

خواص الرابطة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم دراستك لأنواع الروابط الرئيسة الثلاث.

خطوة 1 ضع ورقتين إحداهما فوق الأخرى، ودع حافة إحداهما العلوية أسفل الحافة الأخرى بـ 2cm تقريبًا.



خطوة 2 اطوِ حافتي صفحات الورق السفلية إلى الأعلى لعمل ثلاثة أجزاء متساوية، ثم اضغط على الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبّت المطوية بدبوس كما في الشكل، واكتب عنوانًا لكل جزء على النحو الآتي: خواص الرابطة، رابطة تساهمية غير قطبية، رابطة تساهمية قطبية، رابطة أيونية.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1–5،** ولخص ما تعلمته عن خواص الروابط، وكيف يؤثر ذلك في خواص المركب الكيميائي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5–1

الأهداف

- **تطبق** القاعدة الثمانية على الذرات التي تكوّن روابط تساهمية.
- **تصف** كيفية تكـون الرابطة التسـاهمية الأحادية، والثنائية والثلاثية.
- **تقارن** بين روابط سيجما وروابط باي.
- **تربط** بين قوة الرابطة التساهمية وطولها وطاقة تفككها.

مراجعة المفردات

الرابطة الكيميائية القوة التي تربط ذرتين معًا.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية
الجزيء
تركيب لويس
رابطة سيجما σ
رابطة باي π
تفاعل ماص للطاقة
تفاعل طارد للطاقة

الرابطة التساهمية The Covalent Bond

الفكرة الرئيسة **تستقر ذرات بعض العناصر عندما تتشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.**

الربط مع الحياة لعلك أردت يومًا أن تشتري كرة تلعب بها أنت وأصدقاؤك، إلا أن المبلغ الذي معك لا يكفي لشرائها، وعندئذ شاركك أحد أصدقائك بالمبلغ المتبقي لشراء الكرة. إن هذا يشبه تشارُك الذرات بالإلكترونات لتكوين مركبات تساهمية.

ما الرابطة التساهمية؟ What is a covalent bond?

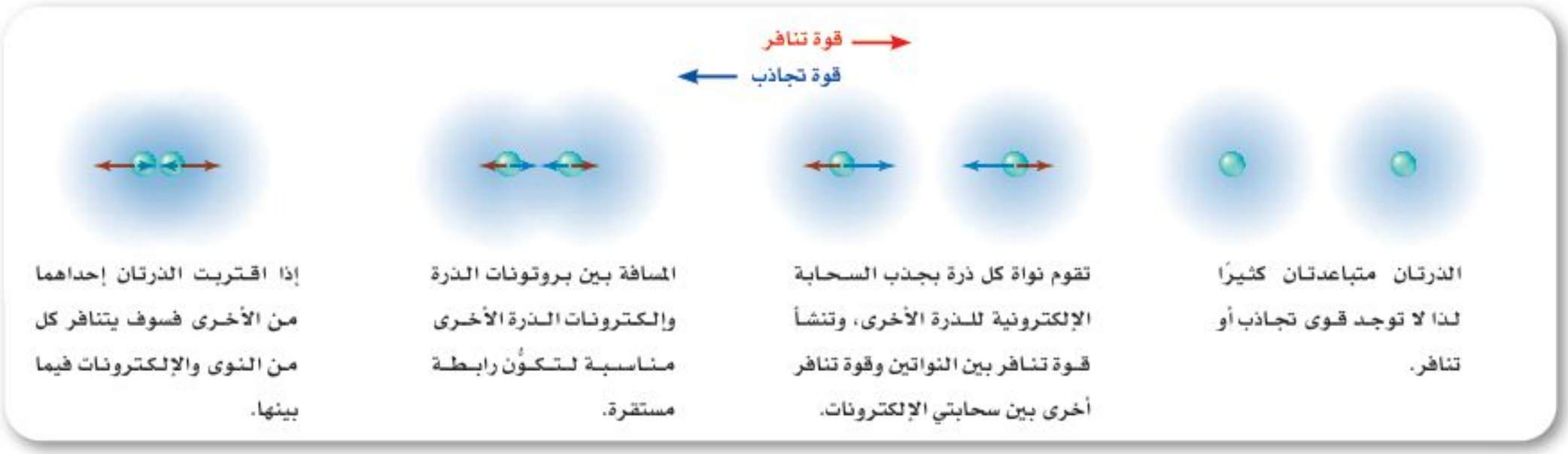
تتشارك بعض الذرات بالإلكترونات ليستقر توزيعها الإلكتروني. فكيف يحدث ذلك؟ وهل هناك طرائق مختلفة تتيح المشاركة بالإلكترونات؟ وكيف تختلف خواص هذه المركبات عن المركبات التي تتكون من الأيونات؟

الإلكترونات المشتركة تتشارك الذرات في المركّبات غير الأيونية في الإلكترونات، كما في جزيئات قطرات الماء في **الشكل 1–5**. وتسمى الرابطة الكيميائية التي تنتج عن مشاركة كلٍّ من الذرتين الداخلتين في تكوين الرابطة بزوج إلكتروني واحد أو أكثر من الأزواج الإلكترونية **الرابطة التساهمية**. ويتكون **الجزيء** عندما ترتبط ذرتان أو أكثر برابطة تساهمية. وتعد الإلكترونات المشتركة في تكوين الرابطة جزءًا من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلتا الذرتين المشتركتين. وعادة ما تتكون الروابط التساهمية بين ذرات اللافلزات المتجاورة في الجدول الدوري.

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 نفس العنصر في إلكترونات التكافؤ، حيث أن الجزيء المكون من ذرتين أكثر استقرارًا من الذرة في حالتها الفردية.

الشكل 1–5 تتكون كل قطرة ماء من جزيئات يحتوي كل منها على ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين واحدة، وترتبط فيما بينها برابطة تساهمية.
وتتشكل القطرة بحسب القوى بين الجزيئية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

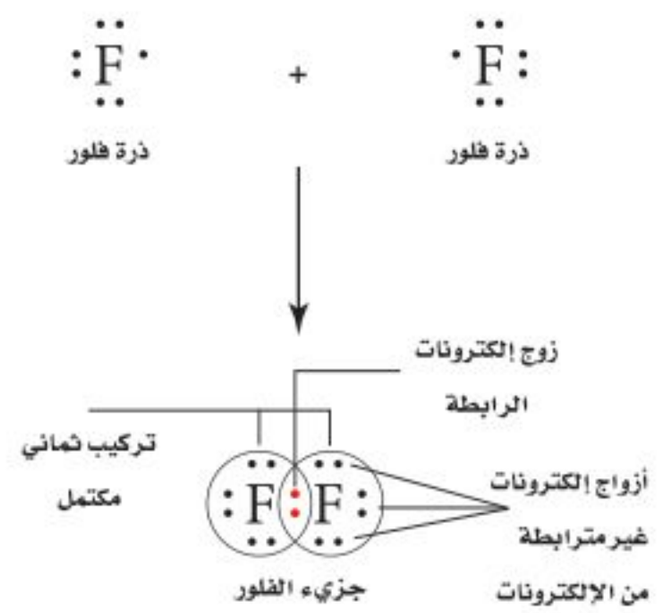


وباستعراض الفلور نجد أن له التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^5$، حيث لكل ذرة فلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد لتصل إلى الحالة الثمانية. وعندما تقترب ذرتا فلور تحت تأثير العديد من القوى -كما في **الشكل 2–5**- تتولد قوتا تنافر تؤثران في الذرات، إحداهما بين إلكترونات الذرتين، والأخرى بين بروتونات الذرتين 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، وعندئذ ترتبط الذرتان برابطة تساهمية، ويتكون الجزيء. أما إذا اقتربت الذرتان إحداهما من الأخرى أكثر من ذلك فسوف تتغلب قوى التنافر على قوى التجاذب.

يحدث الترتيب الأكثر استقرارًا والأمثل للذرات في الرابطة التساهمية عند أفضل مسافة بين نواتي الذرتين. حيث تصبح محصلة قوى التجاذب عند هذه النقطة أكبر من محصلة قوى التنافر. يوجد الفلور على شكل جزيئات ثنائية الذرات؛ لأن مشاركة زوج من الإلكترونات يعطي كل ذرة فلور التوزيع الإلكتروني الشبيه بالتوزيع الخاص بالغاز النبيل. ويوضح **الشكل 3–5** 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 2–5 تبين الأسهم في الأشكال أعلاه 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؟**



الشكل 3–5 تتشارك ذرتا فلور في زوج من الإلكترونات لتكوّنا رابطة تساهمية. لاحظ أن زوج الإلكترونات المشتركة قد جعل إلكترونات المدار الأخير ثمانية إلكترونات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

مقارنة درجات الانصهار

كيف يمكن تحديد العلاقة بين نــوع الرابطة ودرجة الانصهار؟

تعتمــد خواص المركب على نــوع الرابطة، إذا كانــت أيونية أو تساهمية.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمّم جدولاً لتسجيل بيانات التجربة.
3. اعمل ثلاثة فجوات بســيطة ومتساوية (A و B و C) في قاع طبق من الألومنيوم مستعينًا بقلم مناسب(قلم تخطيط مثلاً).
4. ضع الطبق على السخان الكهربائي.

تحذير: تعامل بحذر عند تسخين الوعاء.

5. احصــل مــن معلمك على عينــات من كل مــن بلورات السكر ($C_{12}H_{22}O_{11}$)، وبلورات الملح (NaCl)، وشمع البارافين ($C_{23}H_{48}$)، وضعها في الفجوات على الترتيب.
6. توقع الترتيب الذي ستنصهر به المركبات عند تسخينها.
7. أدر مفتاح التســخين عند أعلى درجة حرارة واطلب إلى أحد الزملاء البدء في قياس زمن التسخين مستخدمًا ساعة إيقاف.
8. راقب المركبات في أثناء فترة التسخين، وسجل أيّها ينصهر أولًا، ووفق أي ترتيب.
9. أغلق جهاز التســخين بعد انقضاء 5 دقائق، وارفع الطبق بالملاقط أو القفازات الخاصة بذلك.
10. دع الطبق حتى يبرد ثم تخلص 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 باســتخدام أحد الخواص الآتية: منخفضة، متوسطة، مرتفعة، مرتفعة جدًّا.
3. **استنتج** 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

عندما يشــترك زوج واحد من الإلكترونات في تكوين رابطة، كما في جزيء الهيدروجين تعرف هذه الرابطة باســم الرابطة التساهمية الأحادية. وعادة ما يُشار إلى زوج الإلكترونات المشترك بزوج إلكترونات الرابطة. وفي حال جزيء الهيدروجين المبين في **الشكل 4–5** تقوم كل ذرة هيدروجين بجذب زوج إلكترونات الرابطة بالمقدار نفسه. لذا ينتمي كلا الإلكترونين المشــتركين إلى كل من الذرتين في الوقت نفســه، مما يعطي كل ذرة هيدروجين في الجزيء التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل $1s^2$، فيصبح جزيء الهيدوجين أكثر استقرارًا من أي ذرة من ذرات الهيدروجين المنفردة.

يوضح التمثيل النقطي للإلكترونات **تركيب لويس Lewis structure** ترتيب إلكترونات التكافؤ في الجزيء، حيث يمثل كل خط أو زوج من النقط العمودية رابطة تساهمية واحدة. فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة جزيء الهيدورجين هكذا H – H أو H:H.

الشكل 4–5 عندما تتشارك ذرتا هيدروجين في زوج من الإلكترونات تحصل كل ذرة على مستوى طاقة خارجي ممتلئ بالإلكترونات، وتصبح مستقرة.

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 بإلكترونين وتكوّن رابطتين تساهميتين. فالأكسجين أحد عناصر المجموعة 16 وتوزيعه الإلكتروني هو $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$، حيث يدخل الأكسجين في تركيب الماء الذي يتكون 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 5a–5** تركيب لويس لجزيء الماء. لاحظ أن لذرة الأكسجين رابطتين تساهميتين أحاديتين وزوجين من الإلكترونات غير المترابطة.

المجموعة 15 والروابط 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 تاركةً زوجًا وحيدًا من الإلكترونات غير المشتركة على ذرة النيتروجين. ويوضح **الشكل 5b–5** نموذج لويس لجزيء الأمونيا. ويستطيع النيتروجين أيضًا تكوين مركبات مشابهة للأمونيا عند اتحاده بذرات 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 مع 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 5c–5** تركيب لويس للميثان. كذلك يكوّن الكربون أربع روابط تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها عناصر المجموعة 17.

ماذا قرأت؟ صف كيف يرمز تركيب لويس للرابطة التساهمية؟

الماء

a

$$2H\cdot + \cdot\ddot{O}: \rightarrow H-\ddot{O}:$$
(رابطتان تساهميتان)

الأمونيا

b

$$3H\cdot + \cdot\dot{N}: \rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{\dot{N}}}:$$
(ثلاثة روابط تساهمية)

الميثان

c

$$4H\cdot + \cdot\dot{C}\cdot \rightarrow H-\underset{H}{\overset{H}{\dot{C}}}-H$$
(أربع روابط تساهمية)

الشكل 5–5 توضح هذه المعادلات الكيميائية كيف تتشارك الذرات في الإلكترونات وتصبح مستقرة. كما يوضح نموذج لويس، كيف تحصل كل ذرة في الجزيء على مستوى طاقة خارجي ممتلئ.

صف كيف تصل الذرة المركزية للقاعدة الثمانية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 6–5 تم حفر الزجاج الخشن الظاهر في الشكل كيميائيًا باستعمال فلوريد الهيدروجين HF، وهو حمض ضعيف. يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع السليكا (أكسيد السليكون)، المكوّن الرئيس للزجاج وينتج عن ذلك SiF_4 والماء.

مثال 1–5

تركيب لويس للجزيء تم عمل الرسوم المبينة في **الشكل 6–5** على الزجاج بالمعالجة الكيميائية (الحفر) 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 فإنها تستطيع 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 لإلكترونات التكافؤ لكل ذرة، ثم نعيد كتابة الرموز الكيميائية ونرسم خطًّا بينهما لتوضيح زوج الإلكترونات المشتركة. وأخيرًا نضيف النقط لتوضيح أزواج الإلكترونات غير المترابطة.

3 تقويم الإجابة

لكل ذرة في الجزيء التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل، وتكون في حالة الاستقرار.

مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس لكل جزيء مما يأتي:

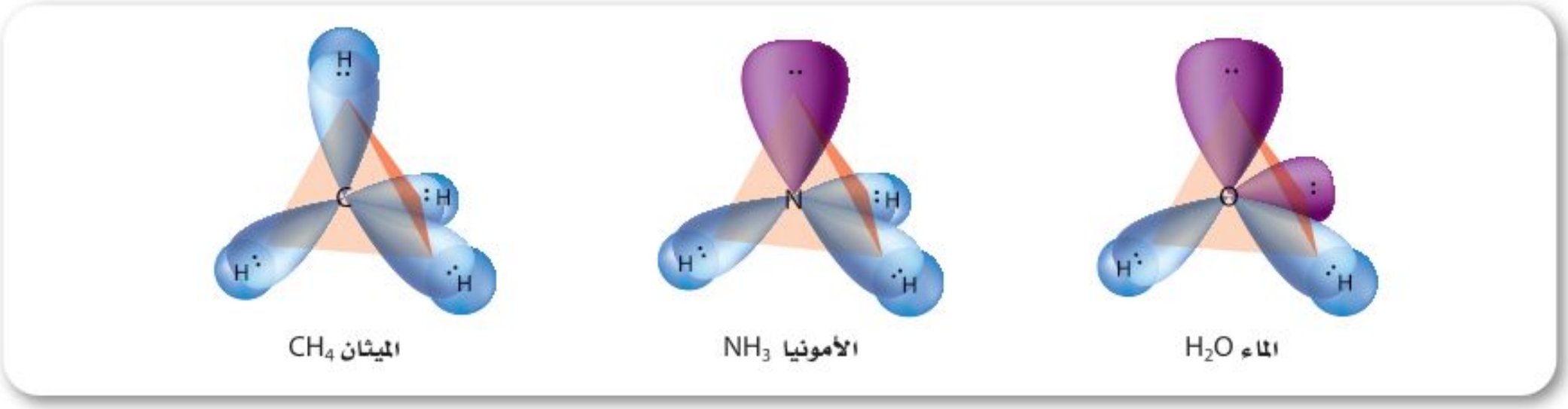
1. PH_3
2. H_2S
3. HCl
4. CCl_4
5. SiH_4

4. **تحفيز** ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد عنصرين أحدهما من عناصر المجموعة 1 والآخر من عناصر المجموعة 16.

الرابطة سيجما σ تسمى الروابط التساهمية الأحادية **روابط سيجما**، ويرمز إليها بالحرف الإغريقي σ. وتتكون رابطة سيجما عندما تتشارك ذرتان في الإلكترونات وتتداخل مستويات تكافؤهما تداخلًا رأسيًا (رأسًا مقابل رأس)، فتزداد الكثافة الإلكترونية في مستوى الربط بين الذرتين. ويقع مستوى الربط في المنطقة التي يكون احتمال وجود إلكترونات الرابطة فيها أكبر ما يكون. وتتكون رابطة سيجما عندما يتداخل مستوى s مع مستوى s آخر أو مستوى p، أو عند تداخل مستوى p مع مستوى p آخر. ولجزيئات الماء H_2O، والأمونيا NH_3 والميثان CH_4 روابط سيجما، كما في **الشكل 7–5**.

ماذا قرأت؟ كوّن قائمة بالمستويات التي تكون رابطة سيجما في المركب التساهمي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الميثان CH_4 | الأمونيا NH_3 | الماء H_2O

الروابط التساهمية المتعددة Multiple Covalent Bonds

تكتسب الذرات في بعض الجزيئات التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة 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 الحالة الثمانية يكون مساويًا لعدد الروابط التساهمية الممكن تكوينها.

الروابط الثنائية تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان بزوجين من الإلكترونات فيما بينهما. فعلى سبيل المثال، يوجد الأكسجين على شكل جزيئات ثنائية الذرات. ويوضح **الشكل 5–8a** أن لكل ذرة أكسجين ستة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الخاص بالغاز النبيل. لذا تتكون الرابطة التساهمية الثنائية عندما تقوم كل ذرة بالمشاركة بإلكترونين، ليصل المجموع إلى زوجين من الإلكترونات المشتركة بين الذرتين.

الروابط الثلاثية تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان في ثلاثة أزواج من الإلكترونات فيما بينهما. ويحتوي النيتروجين N_2 الثنائي الذرات على رابطة تساهمية ثلاثية. ويوضح **الشكل 5–8b** أنّ كل ذرة نيتروجين تشترك بثلاثة إلكترونات لتكون رابطة تساهمية ثلاثية مع ذرة نيتروجين أخرى.

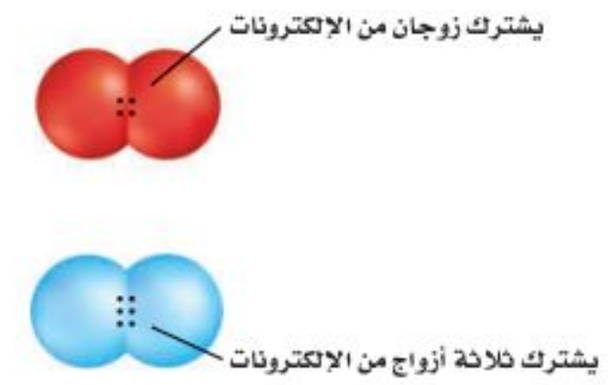
الرابطة باي π تتألف الرابطة التساهمية المتعددة من رابطة سيجما واحدة **ورابطة باي** واحدة على الأقل، ويرمز إليها بالرمز الإغريقي π. وتتكون هذه الرابطة عندما تتداخل مستويات p الفرعية المتوازية تداخلًا متوازيًا وتشترك في الإلكترونات. وتشغل أزواج الإلكترونات المشاركة لرابطة باي المكان أو الفراغ أعلى الخط الذي يمثل مكان اتحاد الذرتين معًا وأسفله.

الشكل 5–7 تكونت روابط سيجما في كل من هذه الجزيئات عندما تداخلت مستويات ذرات الهيدروجين الذرية مباشرة (رأسًا مقابل رأس) مع مستويات الذرة المركزية.

استنتج ما أنواع المستويات التي تتداخل لتكون روابط سيجما في الميثان؟

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

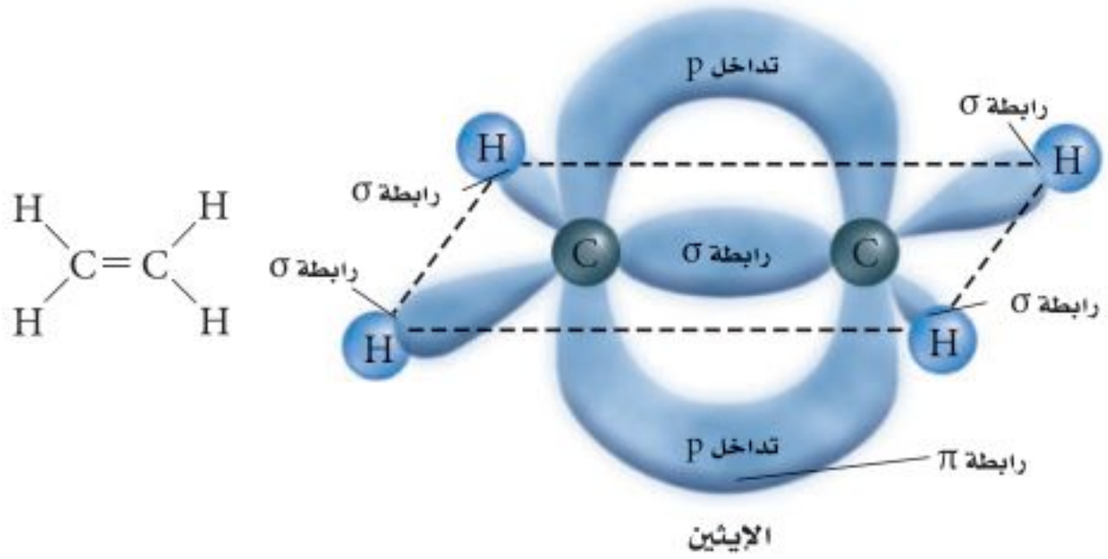


الشكل 5–8 تتكون الروابط التساهمية المتعددة عندما تشترك ذرتان بأكثر من زوج من الإلكترونات:

a. تكوّن ذرتان من الأكسجين رابطة ثنائية.

b. تكوّن ذرتان من النيتروجين رابطة ثلاثية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 9–5 لاحظ 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 بشكل متوازي (جنبًا إلى جنب) بين مستويات p الفرعية. وينتج عن ذلك رابطة باي π.

من المهم أن نلاحظ أن الجزيئات التي لها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وروابط باي أيضًا. فالرابطة التساهمية الثنائية الموضحة في **الشكل 9–5** تتألف من رابطة باي واحدة ورابطة سيجما واحدة. أما الرابطة التساهمية الثلاثية فتتكون من رابطتي باي ورابطة سيجما واحدة.

قوة الروابط التساهمية The Strength of Covalent Bonds

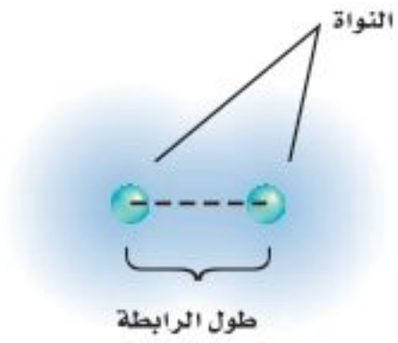
تذكّر أن الرابطة التساهمية تتضمن قوى تجاذب وقوى تنافر. وفي الجزيء تتجاذب النوى مع الإلكترونات، وتتنافر النوى مع النوى الأخرى، كما تتنافر الإلكترونات مع الإلكترونات الأخرى أيضًا. وعندما يختل هذا التوازن بين قوى التجاذب والتنافر يمكن كسر الرابطة التساهمية. ولاختلاف الروابط التساهمية في قوتها يسهل كسر بعض الروابط أكثر من غيرها. وهناك عدة عوامل تؤثر في قوة الرابطة التساهمية.

طول الرابطة تعتمد قوة الرابطة التساهمية على المسافة بين النواتين. وتعرف المسافة بين نواتي الذرتين المترابطتين بطول الرابطة، كما في **الشكل 10–5**، حيث تعتمد قوة الرابطة على طول الرابطة وقوة التجاذب بين الذرتين، ويحدد ذلك بحجم الذرتين المترابطتين، وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة. ويوضح **الجدول 1–5** قائمة بأطوال الروابط لجزيئات الفلور F_2 والأكسجين O_2 والنيتروجين N_2. لاحظ أنه كلما زاد عدد الإلكترونات المشتركة قصرت الرابطة. إن طول الرابطة وقوتها مرتبطان أحدهما مع الآخر؛ فكلما قصر طول الرابطة كانت أقوى. فالرابطة الأحادية للفلور F_2 أضعف من الرابطة الثنائية للأكسجين O_2، وكذلك الرابطة الثنائية للأكسجين أضعف من الرابطة الثلاثية للنيتروجين.

ماذا قرأت؟ حدد العلاقة بين نوع الرابطة التساهمية وطولها.

الجدول 1-5 نوع وطول الرابطة التساهمية

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



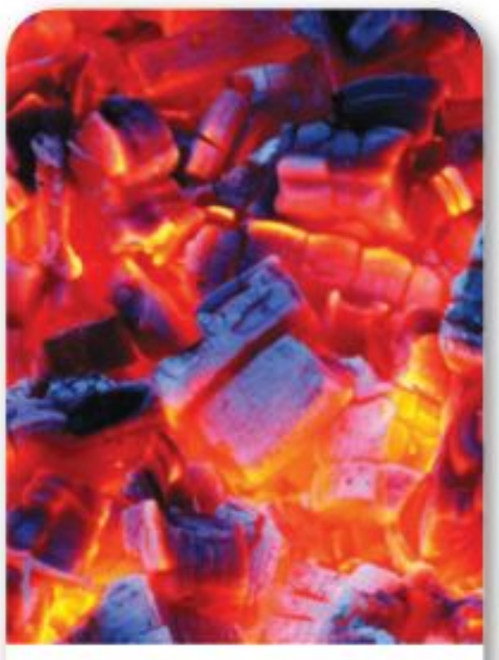
الشكل 10–5 يُقدّر طول الرابطة بالمسافة بين مركزي نواتي الذرتين المترابطتين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2-5 طاقة تفكك الرابطة	
الجزيء	طاقة تفكك الرابطة
F_2	159 kJ/mol
O_2	498 kJ /mol
N_2	945 kJ /mol

الطاقة والروابط يحدث تغير في الطاقة عند تكوّن أو تكسير الروابط بين ذرات الجزيئات. وتنبعث الطاقة عند تكوّن الرابطة، إلا أننا نحتاج إلى الطاقة لكسرها. وتعرف الطاقة اللازمة لكسر رابطة تساهمية معينة بـ "طاقة تفكك الرابطة" وهي مقدار موجب. ويبين **الجدول 2–5** 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 1–5، و2–5**، 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 للطاقة** 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 للطاقة** فيحدث عندما تكون الطاقة المنبعثة في أثناء تكوُّن روابط المواد الناتجة أكبر من الطاقة المطلوبة لتفكيك روابط المواد المتفاعلة. أنظر **الشكل 11–5**.



الشكل 11–5 يتطلب كسر رابطة C–C في الفحم النباتي وكسر رابطة O–O في أكسجين الهواء إلى إضافة طاقة. 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 5-1

الخلاصة

- تتكون الروابط التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- 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 الرأسي للمستويات. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما ورابطة باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بالمسافة بين نواتي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

7. الفكرة الرئيسة **حدّد** نوع الذرات التي تكوّن في الغالب روابط تساهمية.

8. **صف** كيف تنطبق القاعدة الثمانية على الروابط التساهمية؟

9. **اشرح** باستخدام تركيب لويس كيف تتكون الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية؟

10. **قارن** بين الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية.

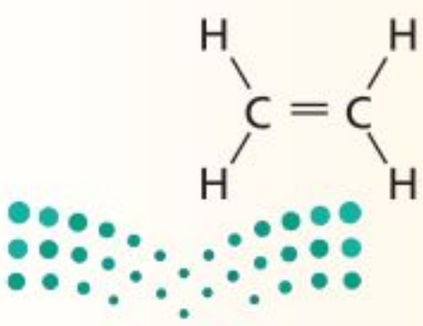
11. **قارن** بين روابط سيجما وروابط باي.

12. **طبق** استعن **بالجدولين 1–5 و2–5**، لرسم منحنىً بياني يمثل طاقة الرابطة مقابل طول الرابطة، ثم صف العلاقة بينهما.

13. **توقع** طاقة تفكك الروابط التساهمية نسبيًّا لكل مما يأتي:

a. $H-C\equiv C-H$

b.



رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5–2

الأهداف

- **تترجم** الصيغ الجزيئية إلى أسماء للمركبات الجزيئية الثنائية الذرات.
- **تسمّي** المحاليل الحمضية.

مراجعة المفردات

الأيون الأكسجيني السالب: 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 قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.**

الربط مع الحياة تعلم أن والدة والدتك هي جدتك، وأن أخت والدك هي عمتك، بينما أخو والدتك يسمى خالك. وكما أن هذه العلاقات تحكمها قواعد في تسميتها فكذلك تحكم تسمية الجزيئات مجموعة من القواعد.

تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات

Naming Binary Molecular Compounds

هناك العديد من الأسماء الشائعة للمركبات الجزيئية، إضافة إلى أسمائها العلمية التي 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 لافلزين فقط. فعلى سبيل المثال، توضح القواعد الآتية خطوات تسمية الغاز N_2O، وهو غاز أكسيد ثنائي النيتروجين ويستخدم في التخدير، واسمه الأكثر شيوعًا 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 باسم أكسيد.
3. تُستخدم البادئات في التسمية لتحديد عدد ذرات كل عنصر في الصيغة الجزيئية، ويبين الجدول 3–5 قائمة بالبادئات الأكثر شيوعًا واستعمالاً. **ونظرًا إلى وجود ذرتي نيتروجين تُستخدم البادئة "ثنائي".**

الجدول 3-5 **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)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 2–5

تسمية مركبات الجزيئات الثنائية الذرات ما اسم المركب P_2O_5 الذي يُستخدم مادةً 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 أكسيد

عند جمع الاسمين معًا. أكسيد الفوسفور

والآن نضيف البادئات التي تعبر عن عدد ذرات كل عنصر.

خامس أكسيد ثنائي الفوسفور

3 تقويم الإجابة

يبين اسم المركب أنه يحتوي على ذرتين من الفوسفور، وخمس ذرات من الأكسجين. وهذا يتفق مع الصيغة الجزيئية P_2O_5 .

مسائل تدريبية

سمِّ كلًّا من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات الآتية:

14. CO_2

15. SO_2

16. NF_3

17. CCl_4

18. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لمركب ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

أسماء شائعة لبعض المركبات الجزيئية هل استمتعت يومًا بكأس باردٍ من أكسيد ثنائي الهيدروجين؟ لقد فعلت ذلك مرارًا، غير أنك استخدمت الاسم الشائع لذلك وهو الماء. تذكر أن الكثير 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 الكثير من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، ومنها أكسيد النيتروز والماء، منذ زمن طويل، وأُعطيت 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؟

تسمية الأحماض Naming Acids

تكُون المحاليل المائية لبعض الجزيئات حمضية، ويُسمى المركب حمضًا إذا أنتج أيونات الهيدروجين H^+ في المحلول. 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 ما لم تحتوي صيغة الحمض على الأكسجين. ويكون جذر الجزء الثاني للاسم هو جذر الأيون المتعدد الذرات. فمثلاً HCN 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 الأيون الأكسجيني السالب 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 الأيون الأكسجيني الموجود. إن الكلمة الثانية التي يتألف منها اسم الحمض الأكسجيني تأتي من مصدر الأيون الأكسجيني ومعها مقطع "بير" أو "هيبو". أما إذا انتهى اسم الأنيون الأكسجيني بمقطع "ات" 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 4–5** كيف تتفق أسماء عدة أحماض أكسجينية مع هذه القواعد. ولاحظ أن الهيدروجين لا يذكر في عمود "اسم الحمض".

الجدول 4-5 تسمية الأحماض الأكسجينية

المركب	الأنيون الأكسجيني	المقطع	اسم الحمض
$HClO_3$	كلورات	– يك	حمض الكلوريك
$HClO_2$	كلوريت	– وز	حمض الكلوروز
HNO_3	نترات	– يك	حمض النيتريك
HNO_2	نيتريت	– وز	حمض النيتروز

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 5-5	صيغ بعض المركبات التساهمية وأسماؤها	
الصيغ الجزيئية	الاسم الشائع	اسم المركب الجزيئي
H_2O	ماء	أكسيد ثنائي الهيدروجين
NH_3	أمونيا	ثالث هيدريد النيتروجين
N_2H_4	هيدرازين	رابع هيدريد ثنائي النيتروجين
HCl	حمض الكلور	حمض الهيدروكلوريك

ويلخص **الجدول 5–5** الصيغ الجزيئية وأسماء بعض المركبات التساهمية. لاحظ وجود أسماء شائعة للأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية بالإضافة إلى أسمائها العلمية.

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. تحفيز 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 ينبغي أن تعرف كيف تكتب صيغته الجزيئية. فالمقاطع المستخدمة في الاسم تشير إلى عدد الذرات في الجزيء وتحدد الأرقام السفلية المستخدمة في الصيغة الجزيئية.

ويمكن معرفة الصيغة الجزيئية للحمض أيضًا من اسم الحمض نفسه. ومن المفيد أن تتذكر أن كل الأحماض الثنائية تحتوي على الهيدروجين وعنصر آخر.

مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الآتية:

25. كلوريد الفضة.

26. أكسيد ثنائي الهيدروجين.

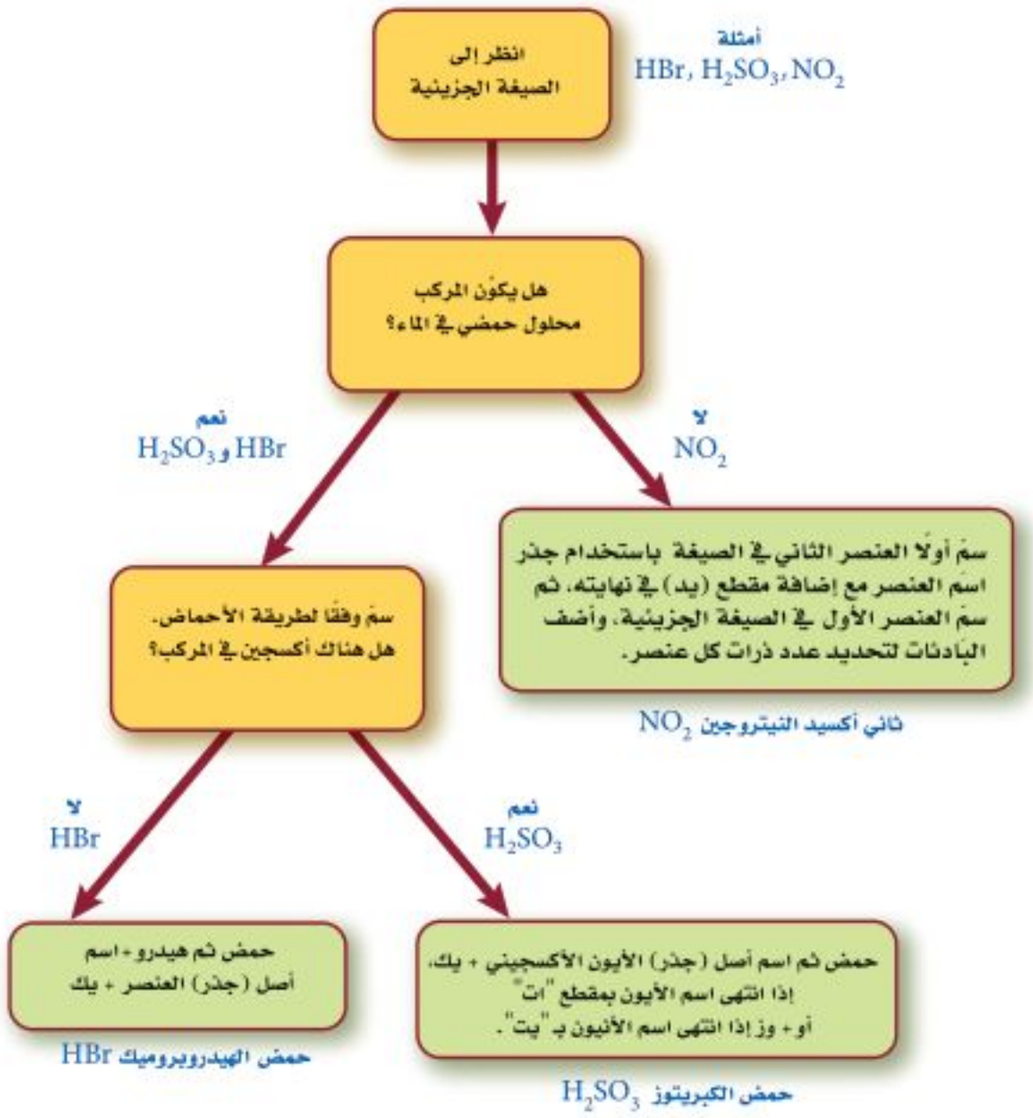
27. ثلاثي فلوريد الكلور.

28. ثلاثي أكسيد ثنائي الفوسفور.

29. عشاري فلوريد ثنائي الكبريت.

30. تحفيز ما الصيغة الكيميائية لحمض الكربونيك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 12–5 تستعمل خريطة المفاهيم هذه لتسمية المركبات الجزيئية في حال معرفة صيغها الكيميائية.

طبق أي المركبات في الشكل حمض أكسجيني، وأيها حمض ثنائي؟

ويتعين عليك لتسمية الأحماض الأكسجينية –وهي الأحماض التي تحتوي على أنيون الأكسجين– أن تعرف الأسماء الشائعة للأنيون الأكسجيني أولاً.

يساعد **الشكل 12–5** على تحديد اسم المركب الجزيئي التساهمي، ولاستخدام خريطة المفاهيم ابدأ من القمة وطبق الإرشادات الموجودة في الأشكال الملونة، حتى تحدد اسم المركب المطلوب.

التقويم 5-2

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، حمض 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

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5–3

الأهداف

- **تطبق** الخطوات الرئيسة لرسم تركيب لويس.
- **تحدد** الجزيئات التي تحدث فيها ظاهرة الرنين.
- **تحدّد** ثلاث حالات لجزيئات تشذ عن القاعدة الثمانية، وتسمي هذه الجزيئات.

مراجعة المفردات

الرابطة الأيونية: قوة كهروستاتيكية تربط الجسيمات ذات الشحنات المختلفة بعضها مع بعض في المركب الأيوني .

المفردات الجديدة

الصيغة البنائية

الرنين

الرابطة التساهمية التناسقية

التراكيب الجزيئية Molecular Structures

الفكرة الرئيسة **تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معًا داخل الجزيء.**

الربط مع الحياة لعلك – عندما كنتَ صغيرًا – قد لعبت بقطع المكعبات التي تُركَّب بطرائق محددة. إن شكل المجسم الذي بنيته يعتمد على طرائق تركيب هذه المكعبات. بطريقة مشابهة يتم بناء الجزيئات من ذراتها.

الصيغ البنائية Structural Formulas

تخبرنا الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية عن أنواع ذرات العناصر وأعدادها في الجزيء فقط. ولمعرفة التراكيب الجزيئية للمركبات التساهمية تستعمل النماذج في تمثيل الجزيء. ويبين **الشكل 13–5** وجود أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيء. وقد تم تمثيل 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 تركيب لتحديد أشكال الجزيئات.

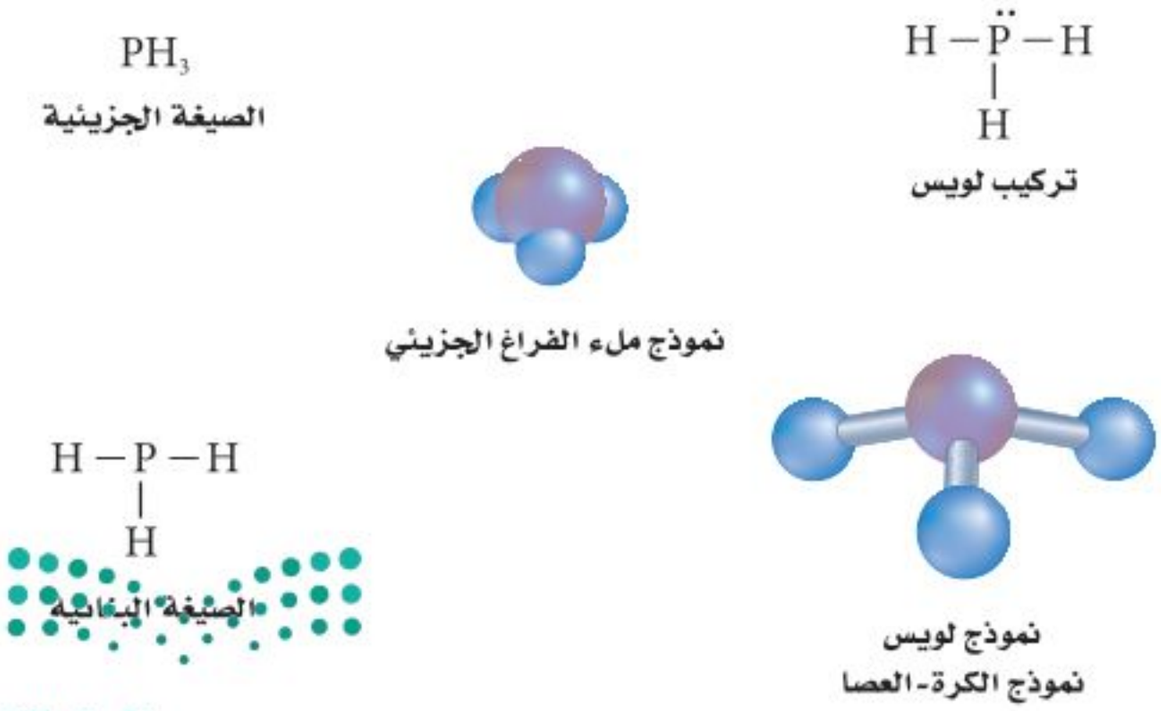
تجربة عملية

الروابط التساهمية في الأدوية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 13–5 يمكن استخدام هذه النماذج جميعها لتوضيح أماكن الذرات والإلكترونات لجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور (الفوسفين).

قارن بين المعلومات المبينة في كل نموذج.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تراكيب لويس على الرغم من سهولة رسم تراكيب لويس لمعظم المركبات المكونة من اللافلزات إلا أنه من المفيد أن نتّبع 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، كما أنه يحيط بها أكبر عدد من الذرات في الجزيء. وعليه فإن باقي الذرات في الجزئ هي ذرات جانبية.

يكون الهيدروجين دائمًا ذرة جانبية؛ لأنه يشارك بإلكترون 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 وكل ذرة جانبية.
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 غير المترابطة حول كل ذرة جانبية (ما عدا الهيدروجين) مرتبطة مع الذرة المركزية لتحقق القاعدة الثمانية، ثم ضع أي أزواج إضافية على الذرة المركزية.
6. حدد ما إذا كانت الذرة المركزية تحقق القاعدة الثمانية.

هل الذرة المركزية محاطة بأربعة أزواج من الإلكترونات؟ إذا كان الجواب لا فإنها لا تحقق القاعدة الثمانية. ولتحقيق القاعدة 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 3–5 و4–5 لمعرفة كيف طبقت هذه الخطوات في حل المسائل.

مثال 3–5

تركيب لويس لمركب تساهمي له روابط أحادية. تستخدم الأمونيا بوصفها خامًا لصناعة العديد من المواد الأخرى، ومنها مواد التنظيف والأسمدة والمتفجرات. ارسم تركيب لويس للأمونيا NH_3.

1 تحليل المسألة

يتكون جزيء الأمونيا من 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.

$$1\ \cancel{\text{atom N}} \times \frac{5\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom N}}} + 3\ \cancel{\text{atom H}} \times \frac{1\ \text{إلكترون تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom H}}} = 8\ \text{إلكترونات تكافؤ.}$$

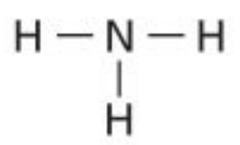
هناك 8 إلكترونات تكافؤ موجودة للترابط.

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.



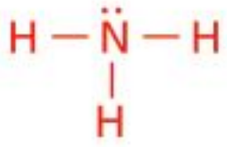
حدد عدد الأزواج غير المرتبطة المتبقية.

اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من العدد الإجمالي للإلكترونات المتوافرة للترابط.

4 أزواج (المجموع الكلي) – 3 أزواج مستخدمة = زوج واحد غير رابط

يكـــون الزوج المتبقي هو زوج غير رابط، ويجب أن يضـــاف إلى الذرة المركزية أو إلى الذرات الجانبية. ولأن ذرات الهيدروجين تقبل رابطة واحدة فقط فإنها لا تستقبل زوجًا غير رابط من الإلكترونات.

ضع الزوج غير المرتبط المتبقي على ذرة النيتروجين المركزية.



3 تقويم الإجابة

تشـــارك كل ذرة هيدروجين بزوج واحد من الإلكترونات. وتشارك ذرة النيتروجين المركزية بثلاثة أزواج من الإلكترونات، ولها زوج واحد غير رابط للحصول على حالة الثمانية المستقرة.

مسائل تدريبية

37. ارسم تركيب لويس لجزيء BH_3.

38. تحفيز يحتوي جزيء ثلاثي فلوريد النيتروجين على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

مثال 4–5

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

$$1\,\cancel{\text{atom C}} \times \frac{4 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\cancel{\text{atom C}}} + 2\,\cancel{\text{atom O}} \times \frac{6 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\cancel{\text{atom O}}} = 16 \text{ إلكترون تكافؤ.}$$

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.

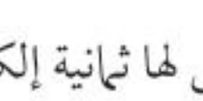
O – C – O

لتحديد عدد أزواج الترابط المتبقية، اطرح عدد الأزواج المستخدمة في الروابط من المجموع الكلي لأزواج الإلكترونات غير الرابطة.

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوافرة غير الرابطة.

8 أزواج (المجموع الكلي) – زوجين مستخدمين = 6 أزواج غير رابطة

أضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة إلى كل ذرة أكسجين جانبية.

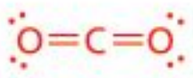


اطرح الأزواج غير المرتبطة من الأزواج المتوافرة المتبقية.

6 أزواج (المجموع الكلي) – 6 أزواج مستخدمة = 0 أزواج غير رابطة

تفحص التركيب غير المكتمل، وبين مواقع الأزواج غير الرابطة. لاحظ أن ذرة الكربون ليس لها ثمانية إلكترونات ولا توجد أزواج إلكترونات إضافية متاحة. ولحصول ذرة الكربون على ثمانية إلكترونات، يجب أن يكوِّن 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 القاعدة الثمانية.

مسائل تدريبية

39. ارسم تركيب لويس للإثيلين C_2H_4.

40. تحفيز يحتوي جزيء ثاني كبريتيد الكربون على أزواج غير مرتبطة وأزواج مرتبطة متعددة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 لإلكترونات التكافؤ 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 لإلكترونات التكافؤ نجد أولاً العدد المتوافر لدى الذرات الموجودة في الأيون، ثم نطرح شحنة الأيون إن كان موجبًا أو نجمع شحنته إن كان سالبًا.

مثال 5–5

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 أقل قوة جذب للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الفوسفور هي الذرة المركزية، وذرات الأكسجين الأربع هي الذرات الجانبية.

2 حساب المطلوب

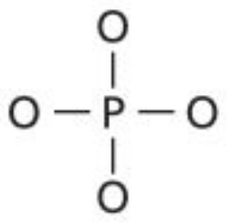
أوجد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط.

$$1\ \cancel{\text{atom P}} \times \frac{5\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom P}}} + 4\ \cancel{\text{atom O}} \times \frac{6\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom O}}} + 3\ \text{إلكترونات من الشحنة السالبة} = 32\ \text{إلكترون تكافؤ}$$

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.



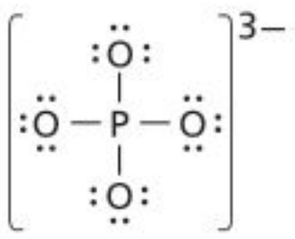
اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفرة.

16 زوجًا (المجموع الكلي)– 4 أزواج مستخدمة = 12 زوجًا غير رابطًا

ضع ثلاثة أزواج غير رابطة لكل ذرة أكسجين جانبية

12 زوجًا غير رابطًا – 12 زوجًا مستخدمًا =0

تبين عملية طرح الأزواج غير المرتبطة المستخدمة من الأزواج المتوافرة عدم وجود إلكترونات متوافرة لذرة الفوسفور. يبين الشكل الجانبي تركيب لويس لأيون الفوسفات.



3 تقويم الإجابة

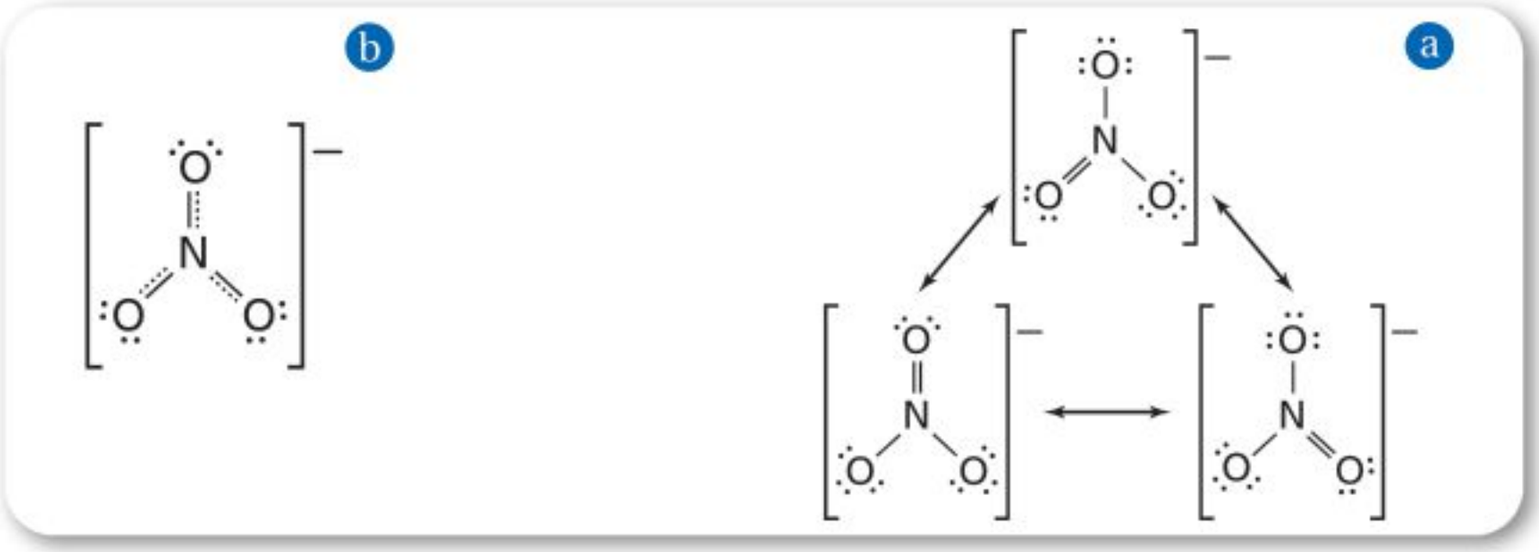
حققت الذرات حالة الثمانية إلكترونات، والشحنة الكلية للمجموعة هي3–.

مسائل تدريبية

41. ارسم تركيب لويس لأيون NH_4^+.

42. تحفيز يحتوي أيون ClO_4^- على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 14–5 أشكال الرنين لأيون النترات NO_3^-.

a. تختلف أشكال الرنين هذه في مكان الرابطة الثنائية فقط. 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 صحيح، وذلك حينما يكون للجزيء أو الأيون المتعدد الذرات روابط أحادية وثنائية في الوقت نفسه. ولأيون النترات المتعدد الذرات المبين في **الشكل 14a–5** 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 الرابطة وأزواج الروابط في الأشكال. ولجزيء 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، يظهر كأن له بناءً واحدًا فقط. انظر **الشكل 14b–5**، أظهرت القياسات العملية أن أطوال الروابط لهذا الجزيء المحسوبة في المختبر متماثلة، وتكون الروابط أقصر من الروابط الأحادية، ولكنها أطول من الروابط الثنائية. وقد وجد أنّ الطول الحقيقي للرابطة هو المتوسط الحسابي لأطوال الروابط في أشكال الرنين.

مسائل تدريبية

ارسم أشكال الرنين للجزيئات الآتية:

43. NO_2^- **44.** SO_2 **45.** O_3

46. تحفيز ارسم أشكال رنين لويس للأيون SO_3^{2-}

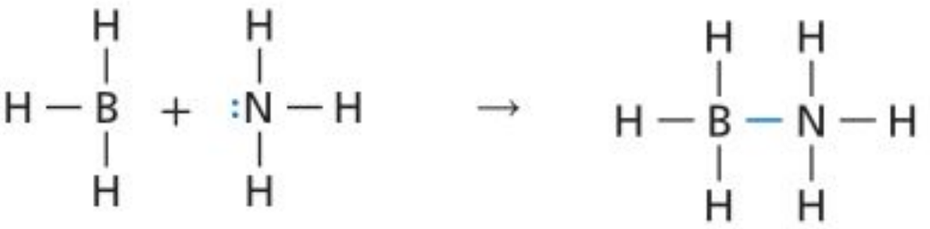
استثناءات القاعدة الثمانية Exceptions to the Octet Rule

عادة ما تحصل الذرات على ثمانية إلكترونات عندما تتحد بذرات أخرى. ولكن بعض الأيونات والجزيئات لا تتبع القاعدة الثمانية. وهناك بعض الأسباب لهذه الاستثناءات.

العدد الفردي من إلكترونات التكافؤ 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 و12 من الأكسجين، أيْ أن المجموع 17 إلكترون تكافؤ، لذا لا يمكنه تكوين عددٍ صحيح من أزواج الإلكترونات. انظر **الشكل 15–5**. وتعد ClO_2، NO أمثلة أخرى على جزيئات ذات إلكترونات تكافؤ فردية العدد.

الشكل 15–5 لا تحقق ذرة النيتروجين المركزية في جزيء NO_2 القاعدة الثمانية. فهي تحتوي على سبعة إلكترونات فقط في مستوى الطاقة الخارجي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



تشارك ذرة النيتروجين بإلكترونيها لتكوّن رابطة تساهمية تناسقية.

ليس لذرة البورون إلكترونات لتشارك بها، في حين أنّ لذرة النيتروجين إلكترونين للمشاركة.

الشكل 16–5 في تفاعل ثلاثي هيدريد البورون والأمونيا، تقدم ذرة النيتروجين إلكترونين يتم مشاركتهما بين البورون والأمونيا لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.

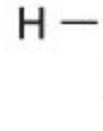
فسّر هل تحقق الرابطة التساهمية التناسقية في هذا الجزيء القاعدة الثمانية؟

تجربة عملية

المركبات التساهمية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

حالات الاستقرار بأقل من ثمانية إلكترونات والرابطة التساهمية التناسقية تُعزى الحالات الاستثنائية الأخرى للقاعدة 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.



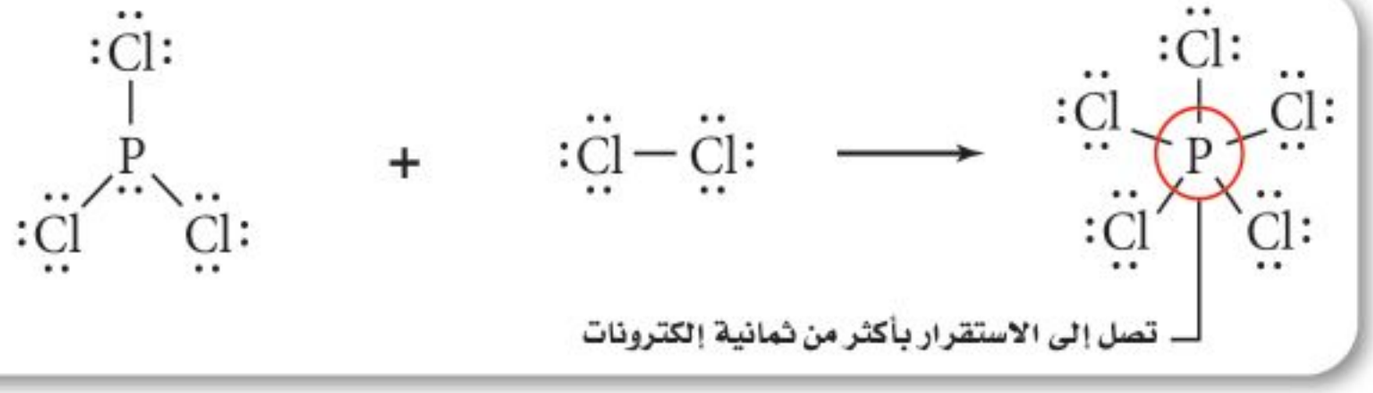
تتشارك ذرة البورون بستة إلكترونات فقط؛ أي لا تتبع القاعدة الثمانية. وتكون مثل هذه المركبات في الغالب قابلة للتفاعل، لأنّ لها القابلية لاستقبال زوج من الإلكترونات من ذرة أخرى.

تتكون **الرابطة التساهمية التناسقية** عندما تقدم إحدى الذرات إلكترونين لتشارك بهما ذرةً أخرى أو أيونًا آخر بحاجة إلى إلكترونين ليكوّنا ترتيبًا إلكترونيًّا مستقرًّا بأقل طاقة وضع. انظر **الشكل 16–5**، عادة ما تكوِّن الذرات، أو الأيونات ذات الأزواج غير الرابطة روابط تساهمية تناسقية مع ذرات أو أيونات تحتاج إلى إلكترونين إضافيين.

حالات الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات من المركبات التي لا تتبع القاعدة الثمانية ذرة مركزية تحتوي على أكثر من 8 إلكترونات تكافؤ. ويمكن تفسير ذلك بالأخذ بعين الاعتبار المستوى d الذي يوجد في مستويات طاقة عناصر الدورة الثالثة وما بعدها. ويبين **الشكل 17–5** كيف تصل ذرة الفوسفور في جزيء PCl_5 إلى حالة الاستقرار بأكثر من ثمانية إلكترونات؛ إذ تتكون خمس روابط من عشرة إلكترونات مشتركة في مستوى s واحد، وثلاثة مستويات p ومستوى d واحد. والمثال الآخر هو جزيء SF_6 الذي يحتوي على ست روابط تتشارك في 12 إلكترونًا في مستوى s وثلاثة مستويات p، واثنين من مستويات d.

وعندما نرسم بناء لويس لهذه المركبات فإما أن نضيف أزواج إلكترونات غير رابطة للذرة المركزية، أو أن يكون هناك أكثر من أربع ذرات ترتبط في الجزيء.

ماذا قرأت؟ لخص الأسباب الثلاثة التي تجعل جزيئًا ما لا ينتمي إلى الجزيئات التي تحقق القاعدة الثمانية.



الشكل 17–5 قبل تفاعل PCl_3 و Cl_2 تتبع كل ذرة في المادة المتفاعلة القاعدة الثمانية. وبعد التفاعل يتكون PCl_5 الذي لا تتبع ذرة الفوسفور فيه القاعدة الثمانية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 6–5

تراكيب لويس: استثناءات القاعدة الثمانية الزينون غاز نبيل، يكوّن مركبات نادرة عند تفاعله مع اللافلزات الشديدة الجذب للإلكترونات. ارسم تركيب لويس الصحيح للجزيء XeF_4.

1 تحليل المسألة

لديك الجزيء XeF_4 الذي يحتوي على ذرة Xe واحدة، وأربع ذرات F. ولأن جاذبية Xe للإلكترونات قليلة لذلك يُكون الذرة المركزية.

2 حساب المطلوب

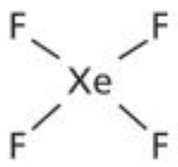
يجب أن نجد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ.

$$1\ \cancel{\text{atom Xe}} \times \frac{8\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom Xe}}} + 4\ \cancel{\text{atom F}} \times \frac{7\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom F}}} = 36\ \text{إلكترون تكافؤ}$$

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 الرابطة

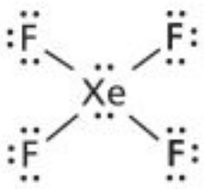
18 زوجًا (المجموع الكلي) – 4 أزواج مستخدمة = 14 زوجًا غير رابط

أضف ثلاثة أزواج إلكترونات إلى كل ذرة F.

وأوجد عدد الأزواج غير الرابطة.

$$14\ \text{زوجًا} - 4\ \cancel{\text{atom F}} \times \frac{3\ \text{أزواج}}{1\ \cancel{\text{atom F}}} = \text{زوجين غير رابطين}$$

ضع الزوجين المتبقيين على ذرة Xe المركزية.



3 تقويم الإجابة

يعطي هذا التركيب ذرة الزينون 12 إلكترونًا. وهذا يعني أنّها تصل إلى الاستقرار بأكثر من 8 إلكترونات. تعد مركبات الزينون– ومنها XeF_4– سامة بسبب قدرتها العالية على التفاعل.

مسائل تدريبية

ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية:

47. ClF_3

48. SO_3

49. تحفيز ارسم تراكيب لويس للجزيء الناتج عن ارتباط 6 ذرات فلور مع ذرة كبريت بروابط تساهمية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 5-3

الخلاصة

- هناك أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون هناك أكثر من شكل لويس للجزيء الواحد.
- لا تتبع بعض الجزيئات القاعدة الثمانية.

50. الفكرة الرئيسة **صف** المعلومات الموجودة في الصيغة البنائية للجزيء.

51. اذكر الخطوات الضرورية لرسم تراكيب لويس.

52. لخص استثناءات القاعدة الثمانية من خلال عمل أزواج من الجزيئات والعبارات الآتية: PI_5 ، و ClO_2 ، و BF_3 ، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ، أكثر من ثمانية إلكترونات، أقل من ثمانية إلكترونات.

53. قوّم يزعم أحد الطلاب أن المركبات الثنائية التي تحتوي على روابط سيجما فقط يمكنها إظهار خاصية الرنين. هل هذه العبارة صحيحة؟

54. ارسم أشكال الرنين لجزيء أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O.

55. ارسم تراكيب لويس لكل من CN^- ، SiF_4 ، HCO_3^- ، AsF_6^-

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5–4

الأهداف

- **تلخص** مفهوم نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR.
- **تتوقع** الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء.
- **تعرّف** التهجين.

مراجعة المفردات

المستوى: منطقة ثلاثية الأبعاد حول النواة تصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

المفردات الجديدة

نموذج VSEPR

التهجين

أشكال الجزيئات Molecular Shapes

الفكرة الرئيسة **يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.**

الربط مع الحياة لعلك يومًا دلكت بالونين بشعرك وأنت تلعب. هل رأيت كيف يتنافر البالونان بسبب شحنتيهما المتشابهتين، ويبتعد 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، وتحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل مستويات الإلكترونات المشتركة معًا شكل الجزيء. وقد طُوّرت أكثر من نظرية لشرح تداخل مستويات الترابط، ويمكن استخدامها في توقع شكل الجزيء. كما يمكن معرفة شكل الجزيء عندما نرسم تراكيب لويس له. ويُسمى النموذج المستخدم في تحديد شكل الجزيء **نموذج VSEPR** (التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ). ويعتمد هذا النموذج على الترتيب الذي من شأنه أن يقلل التنافر بين أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية إلى أقصى درجة ممكنة.

زاوية الرابطة لفهم نموذج VSEPR على نحو أفضل تخيل بالونات منتفخة بحجوم متماثلة ومربوطًا بعضها مع بعض كما في **الشكل 18–5**؛ حيث يمثل كل بالون منطقة كثافة إلكترونية، وتمنع قوة تنافر منطقة الكثافة الإلكترونية 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 بينهما.

تتنافر أزواج الإلكترونات في الجزيء بطريقة مماثلة، وتعمل قوى التنافر هذه على تثبيت مواقع الذرات في الجزيء بحيث تصنع زوايا ثابتة بعضها مع بعض. وتعرف الزاوية بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية بزاوية الرابطة. وتكون قيم زوايا الروابط التي يمكن توقعها بنموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ مدعومة بأدلة تجريبية. وتؤثر أزواج الإلكترونات غير الرابطة أيضًا في تحديد شكل الجزيء؛ إذ تحتل هذه الإلكترونات مستوياتٍ أكبر قليلًا مقارنة بالإلكترونات المشتركة. لذا تضغط أزواج الإلكترونات غير الرابطة مستويات الربط المشتركة بين الذرات.

الشكل 18–5 تبتعد أزواج الإلكترونات في الجزيء بعضها عن بعض قدر ما أمكن ذلك، كما هو مبين في ترتيب البالونات. إذ يكوّن زوجان شكلًا خطيًّا، وتكوّن ثلاثة أزواج شكل مثلث مستوٍ، في حين تكوّن أربعة أزواج شكلاً رباعي الأوجه منتظمًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الربط مع علم الأحياء يعد شكل جزيئات الطعام عاملاً مهمًّا في تحديد طعمها، حيث تغطي براعم التذوق سطح اللسان، ويحتوي كل برعم ما بين 50 إلى 100 من خلايا مستقبلات الذوق. وتحدد خلايا مستقبلات التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم جلوتومات الصوديوم الأحادية MGS. وتستجيب كل خلية مستقبلة للذوق 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 ترتبط هذه الجزيئات بمستقبلات الطعم الحلو يكون مذاقها حلوًا. وكلما ازداد عدد جزيئات الطعام المرتبطة بمستقبلات الطعم الحلو زادت حلاوة الطعام. فالسكر والمُحلِّيات المصنعة ليست الجزيئات الحلوة الوحيدة؛ فبعض البروتينات الموجودة في الفاكهة جزيئات حلوة الطعم. ولقد تم إدراج بعض أشكال الجزيئات المعروفة في **الجدول 6–5**.

التهجين Hybridization

يحدث التهجين عند دمج شيئين معًا، حيث يكون للشيء الهجين خواص كلا الشيئين معًا. فالسيارات الهجينة مثلاً تستخدم الكهرباء والجازولين مصادر للطاقة. وخلال الترابط الكيميائي يخضع العديد من المستويات 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 أزواجًا غير مرتبطة. ولكن يحصل لذرات الكربون عملية **التهجين**، حيث تختلط المستويات الفرعية لتكوّن مستوياتٍ مهجّنة جديدة متماثلة.

يبين **الشكل 19–5** المستويات الهجينة في ذرة الكربون، حيث يحتوي كل مستوى مهجن على إلكترون واحد يمكن أن يشترك به مع ذرة أخرى، ويُسمى بالمستوى المهجن sp^3 لأنه يتكون من المستوى s وثلاثة مستويات p. ويعد الكربون أشهر العناصر التي تخضع لعملية التهجين. ويكون عدد المستويات التي تختلط معًا وتكوّن المستوى المهجن مساويًا لمجموع أعداد أزواج الإلكترونات، كما في **الجدول 6–5**. بالإضافة إلى ذلك يكون عدد المستويات المهجنة الناتجة مساويًا عدد المستويات 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 المستوى الفرعي s مع مستويين فرعيين من p في الذرة المركزية Al وتكوين ثلاثة مستويات هجينة متشابهة من نوع sp^2. تحتل الأزواج غير المرتبطة مستوياتٍ مهجنة أيضًا. قارن بين المستويات المهجنة في H_2O و $BeCl_2$ الموجودة في **الجدول 6–5**، حيث يحتوي كل من المركبين على ثلاث ذرات. فلماذا يحتوي جزيء H_2O على مستويات sp^3؟ هناك زوجان غير مرتبطين على ذرة الأكسجين المركزية في H_2O، لذا يجب أن يكون هناك أربعة مستويات مهجنة، اثنان للربط واثنان لأزواج غير مرتبطة.

تذكّر أن الرابطة التساهمية المتعددة تتكون من رابطة سيجما واحدة، ورابطة باي أو أكثر. تحتل إلكترونات رابطة سيجما فقط مستوياتٍ مهجنة مثل sp و sp^2، أما بقية مستويات p غير المهجنة فتكوّن روابط باي (π). وإذا علمت أن الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية تحتوي على مستوى مهجن واحد. لذا فإن CO_2 يحتوي على رابطتين ثنائيتين ويكون المستوى المهجن من نوع sp.

ماذا قرأت؟ اذكر عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط في المستوى المهجن sp^3.

المفردات

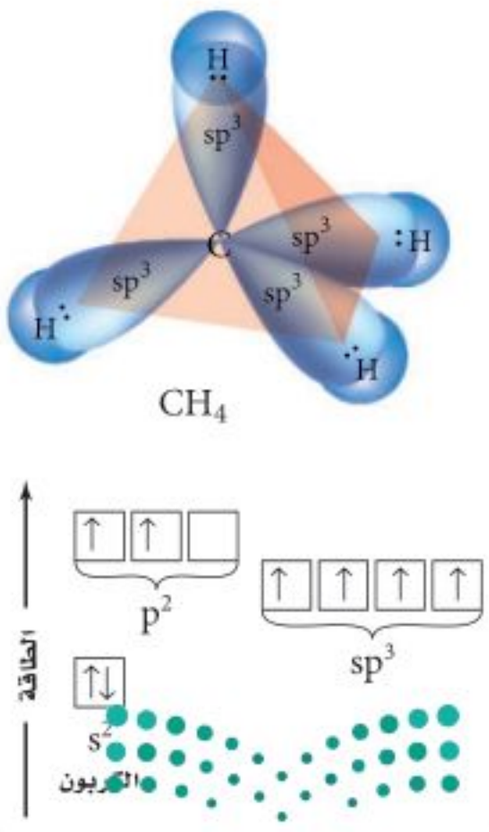
أصل الكلمة

مثلث مستوٍ Trigonal planner

من أصل لاتيني trigonum، وتعني شكلًا له ثلاث زوايا في سطح مستوٍ.

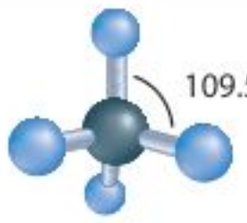
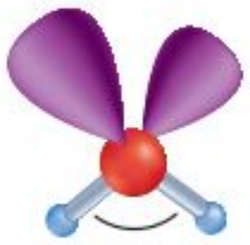
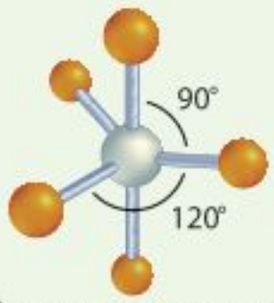
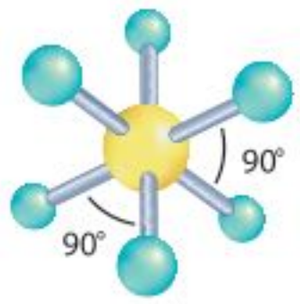
الشكل 19–5 تشغل إلكترونات ذرة الكربون الموجودة في المستويات 2s و 2p مستوياتٍ مهجنة من نوع sp^3. لاحظ أن قيمة طاقة المستويات المهجنة تعادل متوسط طاقة وضع مستويات s و p الأصلية. وتبعًا لنظرية VSEPR فإن الشكل الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التنافر بين المستويات المهجنة في جزيء CH_4.

حدد كم وجهًا يحتوي شكل جزئ الميثان الناتج عن مستويات sp^3.



تمثل الكـرات الـذرات، وتمثل العصي الروابـط، وأما الفلقـات (الفصوص) فتمثل أزواج الإلكترونات غير الرابطة.

الجدول 6-5 الأشكال الفراغية للجزيئات

الجزيء	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الأزواج المشتركة	الأزواج غير الرابطة	المستويات المهجنة	أشكال الجزيئات
$BeCl_2$	2	2	0	sp	خطيّ
$AlCl_3$	3	3	0	sp^2	مثلث مستوٍ
CH_4	4	4	0	sp^3	 رباعي الأوجه منتظم
PH_3	4	3	1	sp^3	مثلثي هرمي
H_2O	4	2	2	sp^3	 منحن
$NbBr_5$	5	5	0	sp^3d	 ثنائي الهرم مثلثي (السداسي الأوجه)
SF_6	6	6	0	sp^3d^2	 ثماني الأوجه منتظم

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 والزوايا بين الروابط 120°.

عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من إلكترونات التراابط كما في الميثان CH_4 يكون الشكل رباعي الأوجه منتظمًا والزوايا بين الروابط 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 الرابطة مقارنة بالأزواج الرابطة بعضها ببعض. لذا يكون الشكل الناتج مثلثي هرمي والزوايا بين الروابط 107.3°.

للماء رابطتان تساهميتان وزوجان غير رابطين، ويصنع التنافر بين الأزواج غير الرابطة زاوية مقدارها 104°.مما يجعل شكل جزئ الماء منحنيًا.

لجزيء $NbBr_5$ خمسة أزواج من الإلكترونات الرابطة، لذا يقلّل الشكل الثنائي الهرم الثلاثي من التنافر بين أزواج الإلكترونات المشتركة.

ليس لجزيء SF_6 أزواج إلكترونات غير رابطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فله ستة أزواج رابطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكوّن شكلاً ثماني الأوجه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 7–5

ما شكل الجـزيء؟ ثلاثي هـيدريد الفوسفور غـاز عـــديم اللـون ينتج عن تعفن المواد العضـوية، ومنها السمك. ما شكل جزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور؟ حدّد مقدار زاوية الرابطة والمستويات المهجنة فيه.

1 تحليل المسألة

نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

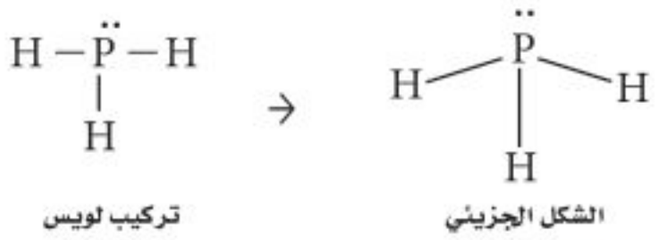
2 حساب المطلوب

$$1\,\cancel{\text{atom P}} \times \frac{5\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\,\cancel{\text{atom P}}} + 3\,\cancel{\text{atom H}} \times \frac{1\ \text{إلكترون تكافؤ}}{1\,\cancel{\text{atom H}}} = 8\ \text{إلكترونات تكافؤ.}$$

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 الرابط على ذرة الفوسفور.



تركيب لويس — الشكل الجزيئي

الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة 107O، ونوع التهجين sp3 في المستويات المهجنة.

3 تقويم الإجابة

كل أزواج الإلكترونات مستخدمة، وكل ذرة لها التوزيع الإلكتروني المستقر.

مسائل تدريبية

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كل مما يأتي:

56. BF_3 **57.** OCl_2 **58.** BeF_2 **59.** CF_4

60. تحفيز ما شكل أيون NH_4^+ وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

التقويم 5-4

الخلاصة

- ينص نمـوذج VSEPR على أن أزواج الإلكتـرونـات يتنافـر بعضها مـع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- يفسّر الـتـهـجـين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

61. الفكرة الرئيسة لخص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

62. عرّف زاوية الرابطة.

63. اشرح كيـف يؤثر وجود زوج إلكترونات غير رابطة في المسـافات بين مسـتويات الروابط المشتركة؟

64. قارن بين حجم المسـتوى الـذي يحتوي زوج إلكترون مشـتركًا وآخر يحتوي زوج إلكترونات غير رابط.

65. حدّد نوع المستويات المهجنة وزوايا الروابط في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكل من PF_3 و PF_5. واشرح الفرق بين شكليهما.

67. نظّم كلًّا مما يأتي في جدول: تركيب لويس، شـكل الجزيء، وزاوية ربط المستويات المهجنة لكل من: NCl_3، و CCl_2F_2 ، و H_2Se ، و CH_2O ، و CS_2.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5–5

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 **يعتمد نوع الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.**

الربط مع الحياة تختلف قدرة الناس على سحب الأشياء بحسب قوة أذرعهم، مثل لعبة شد الحبل. وكذلك تختلف قدرة الذرات على جذب الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

الميل الإلكتروني، والكهروسالبية، وخواص الروابط
Electron Affinity, Electronegativity, and Bond Characteristics

يعتمد نوع الرابطة الكيميائية التي تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي على قدرة جذب الذرات للإلكترونات. والميل الإلكتروني هو مقياس لقابلية الذرة على استقبال الإلكترون. وفيما عدا الغازات النبيلة، يزداد الميل الإلكتروني كلما زاد العدد الذري عبر الدورة، ويقل كلما زاد العدد الذري عبر المجموعة. تساعد قيم الكهروسالبية الموجودة في **الشكل 20–5**، الكيميائيين على حساب الميل الإلكتروني لبعض الذرات في المركبات الكيميائية.

تذكر أن الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية للذرة على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية. ولاحظ أنه يتم تعيين قيم الكهروسالبية، في حين يتم قياس قيم الميل الإلكتروني علميًّا في المختبر.

الكهروسالبية يوضح الجدول الدوري في **الشكل 20–5** قيم الكهروسالبية للعناصر. لاحظ أن للفلور F أعلى قيمة للكهروسالبية 98. 3 في حين أن للفرانسيوم Fr أقل قيمة 7. 0. ولأن الغازات النبيلة لا تتفاعل في الغالب، ولا تميل إلى تكوين مركبات –إلا في حالات نادرة– 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.

قيم الكهروسالبيّة لمجموعة من عناصر الجدول الدوريّ

فلزّ
شبه فلزّ
لافلزّ

1 H 2.20																
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
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
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
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
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
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac 1.1														

الشكل 20–5 تحسب قيم الكهروسالبية بمقارنة قوة جذب الذرة للإلكترونات المشتركة إلى قوة جذب ذرة الفلور لهذه الإلكترونات. لاحظ أن مقادير الكهروسالبية لسلسلتي اللانثانيدات والأكتنيدات غير ظاهرة في الجدول لكنها تتراوح بين 1.12 و1.7.

الجدول 7-5 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 الذرات لإلكترونات الرابطة.

ويبين **الجدول 7–5** إمكانية توقع نوع الرابطة باستعمال فرق الكهروسالبية بين العناصر المكونة للرابطة. ويكون فرق الكهروسالبية لإلكترونات الرابطة بين ذرتين متماثلتين صفرًا، وهذا يعني أن الإلكترونات موزعة بالتساوي بين الذرتين. وتعد هذه الرابطة **تساهمية غير قطبية** أو تساهمية نقية.

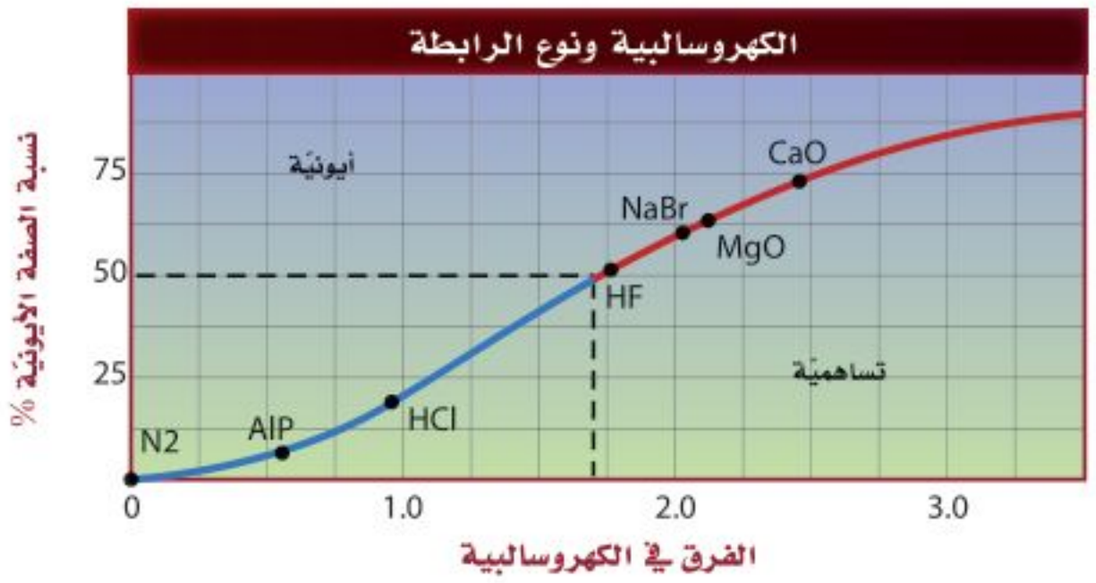
وفي المقابل، ولأن العناصر المختلفة لها قيم كهروسالبية مختلفة لذا لا يتوزع زوج إلكترونات الرابطة التساهمية بين ذرات العناصر المختلفة بالتساوي. وينتج عن عدم التساوي في التوزيع **رابطة تساهمية قطبية**. وعندما يكون هناك فرق كبير في الكهروسالبية بين الذرات المترابطة ينتقل الإلكترون من ذرة إلى أخرى، مما يؤدي إلى تكوُّن رابطة أيونية.

أحيانًا تكون الرابطة غير واضحة ما إذا كانت أيونية أو تساهمية. فإذا كان الفرق في الكهروسالبية 1.7 فإن ذلك يعني أن الرابطة بنسبة 50% أيونية، وبنسبة 50% تساهمية.

وعادةً تتكون الرابطة الأيونية عندما يكون فرق الكهروسالبية أكبر من 1.7. ومع ذلك، لا يتفق هذا الحد الفاصل في بعض الأحيان مع التجارب العملية التي يرتبط فيها لافلزان معًا. ويلخص **الشكل 21–5** مدى الترابط الكيميائي بين ذرتين. ما نسبة الصفة الأيونية في الرابطة التي تنتج عن 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 21–5 يوضح الرسم البياني أن فرق الكهروسالبية بين الذرات المترابطة يحدد نسبة الصفة الأيونية في الرابطة. تكون الرابطة أيونية إذا كانت نسبة الصفة الأيونية فيها أكثر من 50٪.



اختبار الرسم البياني

حدد نسبة الصفة الأيونية للرابطة في أكسيد الكالسيوم.

الكهروسالبية	Cl = 3.16
الكهروسالبية	H = 2.20
الفرق	= 0.96

δ^+ δ^-

H — Cl

الشكل 22–5 قيمة الكهروسالبية للكلور أعلى منها للهيدروجين، وذلك يقضي زوج الإلكترونات الرابط في جزيء HCl وقت أطول في جزيء Cl منه في جزيء H. وتستخدم الرموز لإبراز الشحنة الجزئية عند كل طرف (ذرة) من الجزيء لبيان عدم تساوي المشاركة في زوج الإلكترونات الرابط.

الروابط التساهمية القطبية Polar Covalent Bonds

تتكون الروابط التساهمية القطبية نتيجة عدم جذب الذرات لإلكترونات الرابطة 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 إحدى 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 22–5**. تكون الشحنة الجزئية السالبة عند طرف الذرة ذات الكهروسالبية الأكبر. أما الشحنة الجزئية الموجبة فتكون عند طرف الذرة ذات الكهروسالبية الأقل. وتعرف الرابطة القطبية الناتجة بثنائية القطب.

القطبية الجزيئية تكُون الجزيئات ذات الروابط التساهمية قطبية أو غير قطبية، ويعتمد نوع الرابطة على مكان وطبيعة الروابط التساهمية في الجزيء. ومن الخواص المميزة للجزيئات غير القطبية أنها لا تنجذب للمجال الكهربائي، إلا أن الجزيئات القطبية تنجذب للمجال الكهربائي؛ ويعود السبب في ذلك إلى أن الجزيئات القطبية ثنائية الأقطاب، لها 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 قطبي بمقارنة جزيء الماء H_2O وجزيء رباعي كلوريد الكربون CCl_4؛ حيث لكلا الجزيئين روابط تساهمية قطبية. وتبعًا لمعلومات **الشكل 20–5**. فإن الفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الهيدروجين والأكسجين يساوي 1.24، والفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الكلور والكربون يساوي 0. 61. وعلى الرغم من وجود اختلاف في فرق الكهروسالبية إلا أن رابطة O – H وروابط C – Cl جميعها روابط تساهمية قطبية.

δ^+ δ^- $\quad$ δ^+ δ^-

H–O $\quad$ C–Cl

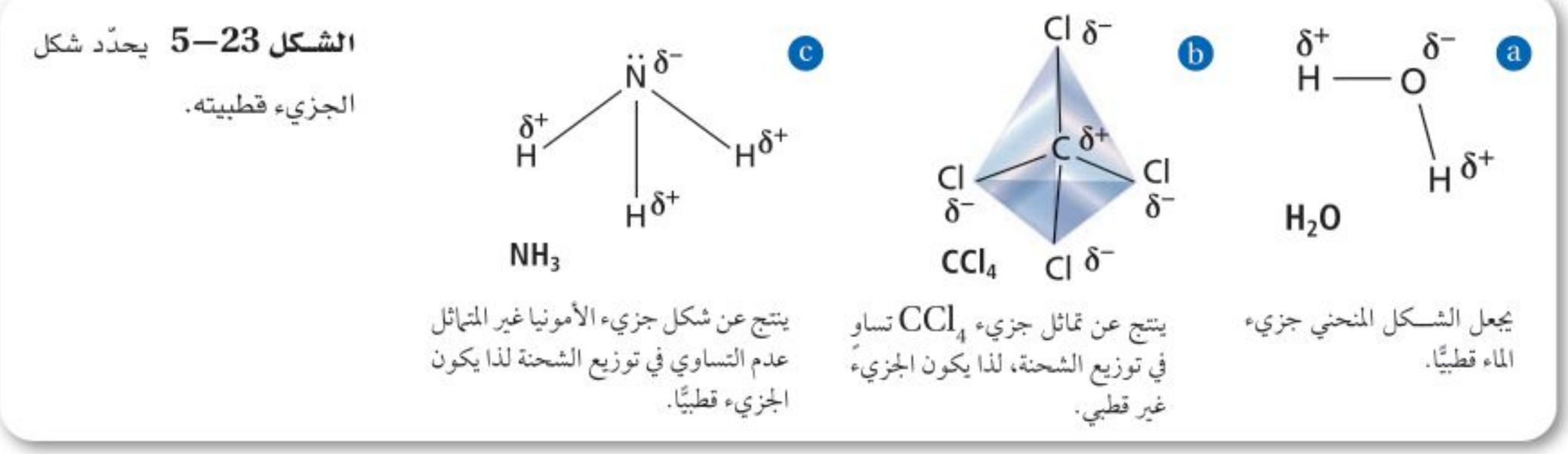
واعتمادًا على الصيغ الجزيئية نجد أن لكلا الجزيئين أكثر من رابطة تساهمية قطبية، ولكن جزيء الماء فقط قطبي.

ماذا قرأت؟ **طبق** لماذا ينحني مجرى الماء البطيء من الصنبور عندما يقترب منه بالون مشحون بالكهرباء الساكنة؟

مهن في الكيمياء

كيميائيو التغذية يجب على كيميائي التغذية معرفة كيف تتفاعل المواد وتتغير تحت الظروف المتنوعة. يعمل معظم كيميائي 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.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



يجعل الشـكل المنحني جزيء الماء قطبيًّا.

ينتج عن تماثل جزيء CCl_4 تساوٍ في توزيع الشحنة، لذا يكون الجزيءً غير قطبي.

ينتج عن شكل جزيء الأمونيا غير المتماثل عدم التساوي في توزيع الشحنة لذا يكون الجزيء قطبيًّا.

الشـكل 23–5 يحدّد شكل الجزيء قطبيته.

يكون شكل جزيء H_2O، كما هو محدد من خلال نموذج VSEPR منحنيًا بسبب وجود زوجين من الإلكترونات غير المرتبطة على ذرة الأكسـجين المركزية كما يبين **الشكل 23a–5**. ولجزيء الماء طرفان دائمان، أحدهما موجب، والآخر سـالب؛ لأن روابطه القطبية غير متماثلة، لذا فهو مركب قطبي. أما جزيء CCl_4 فهو رباعي الأوجه، أي متماثل، كما يظهر في **الشكل 23b–5**، لذا يكون مقدار الشـحنة من أي مسافة عن المركز مساويًا لمقدار الشحنة عند المسافة نفسها من الجهة المقابلة. ويكون مركز الشـحنة السـالبة 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 قطبيـة. أما الجزيئات غير المتماثلة فتكون قطبية إذا كانت الروابط قطبية. هل جزيء الأمونيا في **الشكل 23c–5** قطبي؟ لهذا الجزيء ذرة نيتروجين مركزية وثلاث ذرات هيدروجين جانبية، وله شكل مثلثي هرمي بسبب أزواج الإلكترونات غير المرتبطة التي توجد على ذرة النيتروجين. وباستخدام **الشـكل 20–5** نجد أن الفرق في الكهروسالبية بين الهيدروجين والنيتروجين يساوي 0. 84، مما يجعل روابط N – H تساهمية قطبية. إن توزيع الشحنة غير متساوٍ؛ لأن الجزيء غير متماثل، لذا يكون الجزيء قطبيًّا.

قابليـة ذوبـان الجزيئات القطبية تبين هذه الخاصية الفيزيائية قدرة مادة ما على الذوبان في مادة أخرى. ويحدد نوع الرابطة وشكل الجزيء مدى قابليته 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 24–5**.

الشـكل 24–5 الجزيئـات التسـاهمية المتماثلـة –ومنها الـزيت ومعظـم المنتجـات النفطية– مركبات غير قطبية. وتكون الجزيئات غير المتماثلـة– ومنها الماء– قطبيـة. ولا تختلط المواد القطبية بغير القطبية.

اسـتنتج هل يمكننا ازالـة بقعـة الزيـت عـن الأقمشة باستخدام الماء فقط؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

خواص المركبات التساهمية
Properties of Covalent Compounds

ملح الطعام مادة أيونية صلبة، والسكر مادة تساهمية صلبة، لهما المظهر نفسه، ولكنهما يختلفان في خواصهما عند التسـخين. فالملح لا ينصهر، أما السكر فينصهر عند درجات حرارة منخفضة. هل يؤثر نوع روابط المركب في خواصه؟

القـوى بـين الجزيئـات تعود الاختلافـات في الخواص نتيجة الاختلاف في قوى الجـذب. ففي المركبات التسـاهمية تكون الروابط التساهمية بين الذرات في الجزيئات قوية، في حين تكون قوى الجذب بين الجزيئات ضعيفة نسبيًّا . وتعرف قوى التجاذب الضعيفة هذه بالقوى بين الجزيئات أو قوى فاندرفال Van der Waals forces. وتختلـف هذه القوى في قوتها، ولكنها أضعف من قوى الربط التي تربط بين الذرات في الجزيء أو بين الأيونات في المركب الأيوني.

هناك عدة أنواع من القوى بين الجزيئات، ومنها القوى الضعيفة بين الجزيئات غير القطبية التي تُسـمى قوى التشتت، وكذلك القوى بين الأطراف المشحونة بشحنات مختلفة في الجزيئات القطبية والتي تسمى قوى ثنائية القطب. وكلما زادت قطبية الجزيء زادت هذه القوى. أما القوة الثالثة فهي الرابطة الهيدروجينية، وهي أقواها. وتتكون بين ذرة هيدروجين تقع في نهاية أحد الأقطاب وذرة نيتروجين أو أكسجين أو فلور في جزيء آخر.

مختبر حل المشكلات

تفسير النتائج

كيـف تؤثر قطبية الطـور المتحرك في نتائـج تحليل بيانات الكروماتوجرام؟

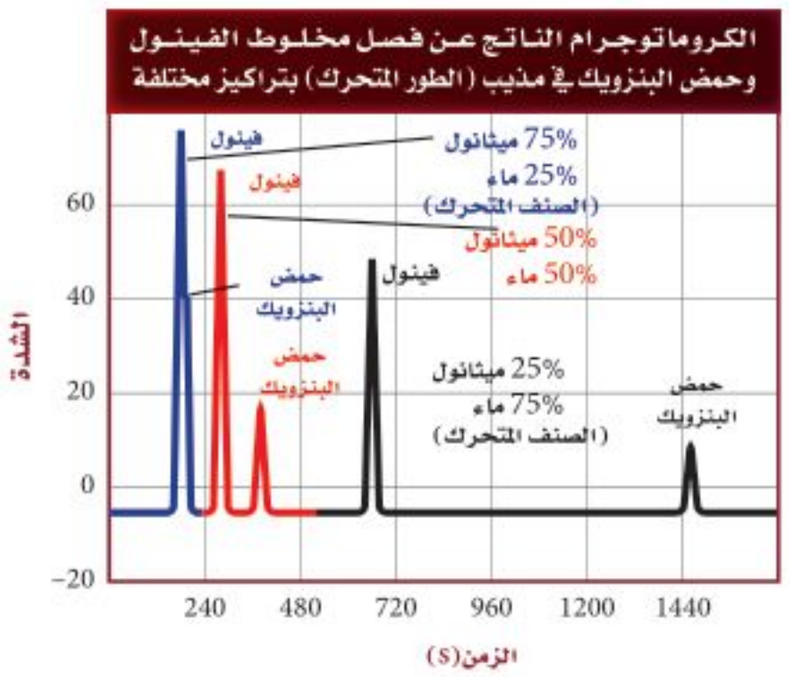
كروماتوجرافيا السائل العالية الكفاءة HPLC تقنية تستخدم لفصل ونقل مكونـات مخلوط ما؛ حيث يذاب المخلوط في مذيب ما (الطور المتحـرك)، ويمرر عبر أنبوب مبطن بمادة صلبة (الطور الثابت) التي ينجـذب إليها بعض مكونات المخلوط أكثر من المكونات الأخرى، وبذلك تمر المكونات الأخرى التي لم تنجـذب في الأنبوب وتظل ذائبة في الطور المتحرك، لتخرج أولًا. ويقيس مجسٌّ ذلك، بحيث تخرج النتائج على شـكل مخطط (كروماتوجرام)، فتشير ارتفاعات قمم المخطط إلى كميات مكونات المخلوط المراد تحليله وفصله.

يستخدم العلماء مخلوط الميثانول مع الماء بوصفه مذيب فصل لمخلوط الفينول – حمض البنزويك.

التفكير الناقد

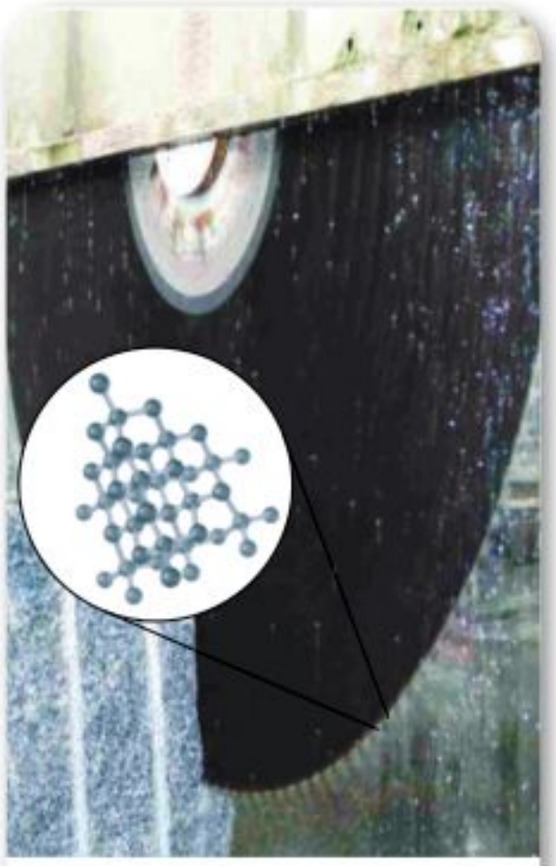
1. **فسر** اختـلاف أزمنة البقاء في المحلـول المبينة على الكروماتوجرام.

البيانات والملاحظات



2. **استنتج** اعتمادًا على الرسم البياني، ما المادة التي كميتها كبيرة: الفينول أم حمض البنزويك؟ فسّر إجابتك.
3. **استنتج** أي المواد في المخلـوط لها جزيئات ذات قطبية أعلى؟
4. **حدد** تركيب مذيـب الطور المتحرك الأكثر كفاءة لفصل الفينول عن حمض البنزويك؟ فسّر إجابتك.

القوى والخواص تُعزى خواص المركبات الجزيئية التساهمية إلى القوى 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 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 لينًا في حالة الصلابة. والبرافين المستعمل في الشمع ومنتجات أخرى مثال شائع على المواد الصلبة التساهمية اللينة. وتترتب المركبات الجزيئية 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.



الشكل 25–5 عادة ما تستخدم المواد الصلبة التساهمية الشبكية أدوات للقطع بسبب صلابتها الشديدة. وتبين الصورة شفرة منشار مغلفة بالألماس لقطع الحجر.

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 25–5** يشكل نظامًا بلوريًّا شديد الترابط له درجة انصهار عالية جدًّا.

التقويم 5-5

الخلاصة

- يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.
- تتكون الروابط القطبية عندما لا تكون الإلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.
- يحدد نموذج VSEPR قطبية الجزيء.
- تجذب الجزيئات بعضها بعضًا بقوى ضعيفة . أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرات أخرى بروابط 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. H و S **b.** H و C **c.** S و Na

75. **تعرف** أي مما يأتي يُعد جزيئًا قطبيًّا؟ وأيها يُعد غير قطبيٍّ: CF_4 ، و CS_2 ، و SCl_2

76. **حدد** ما إذا كان المركب المكون من الهيدروجين والكبريت قطبيًّا أو غير قطبيٍّ.

77. **ارسم** تركيب لويس لكل من SF_4 و SF_6. وحلّل كل شكل، وحدّد ما إذا كان الجزيء قطبيًّا أو غير قطبيٍّ.

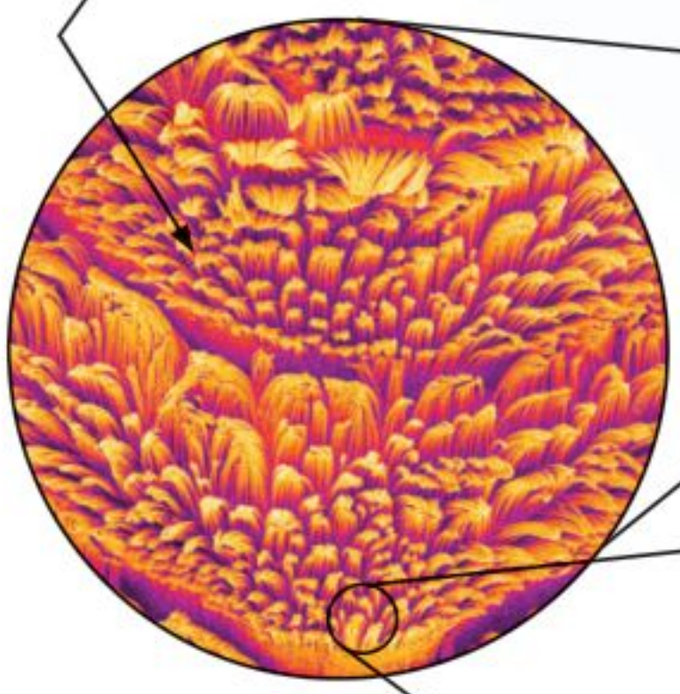
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تعمل الأشياء؟

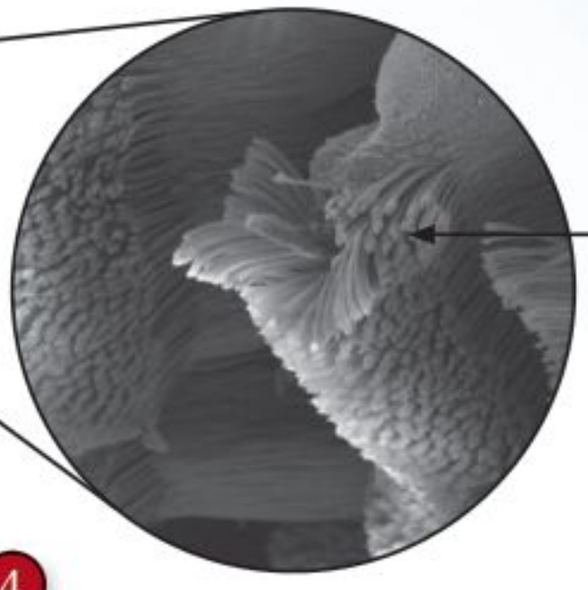
الأقدام اللاصقة: كيف تلتصق السحلية؟

إن التصـــاق الـــوزغ على الحائط أو الســـقف ليس بالأمر الصعب، ويكمن سر قوة الالتصاق الباهرة في أصابعهـــا. فقد وجد الباحثون أن قوة الالتصاق تعتمد على قوى تماسك الذرات.

1 **إصبـع السـحلية** يغطي أسفل أصابع السحلـية ملايين الأطراف تعرف بالشعيرات الدقيقة وتكون مرتبة في صفوف.

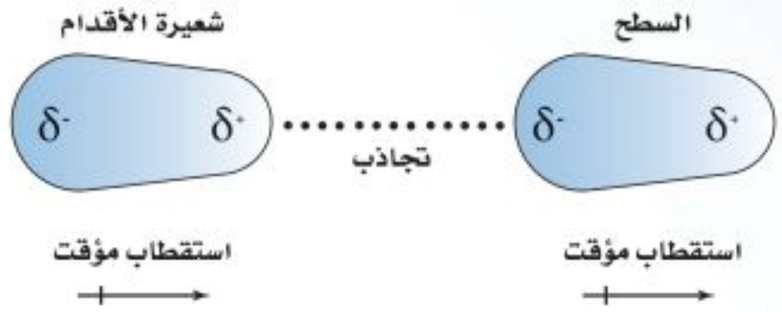


2 **أشـواك قاسية** بطانـة أقـدام السحلية عبارة عن بناء هيكلي معقد، له تفرعات مجهرية دقيقة تعرف بالشعيرات الدقيقة.

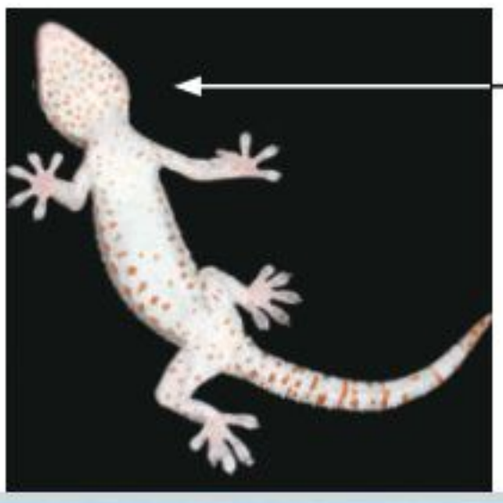


3 **مسـاحة السطـح** تشكل الشعيرات الدقيقة الكثيرة العدد مساحة سطح واسعة.

4 **التلاصق** تتكـون قـوى فان ديرفـال بين المسطحات وشـعيرات الأقـدام الدقيقة. ولكـون هـذه القـوى كثيـرةً جـدًا، تتغلـب محصلـة قوى فان ديرفال على قوة الجاذبية الأرضية وتبقى السحلية في مكانها.



5 **الانتقـال والحركة** يحدثـان عنـد قيـام السحلية بثني أصابـع رجليهـا ممّـا يقلـل مـن مسـاحة الجـزء اللاصق بالسـطوح فتقل قوى فـان ديرفال، وتقل قوة التماسك، فتنتقل من مكانها.



الكتابة في الكيمياء

اخـتراع يقوم العلـماء بتطويـر تطبيقات لمواد لاصقة تسـتند إلى معلوماتهـم عن قوى التلاصق التي تسـتعملها السـحالي. ومن التطبيقات المحتملـة تصميم روبوت قادر على تسـلق الجدران، وأشرطة لاصقة تعمل تحت الماء. هل تتوقع أن تكون استخدامات المواد اللاصقة الجديدة كتلك التي لدى السحلية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

نمذجة الأشكال الجزيئية

الخلفية: تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات بإلكترونات التكافؤ. ويُحدِّد موضع الذرات المرتبطة شكل 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 المركب التساهمي؟

المواد اللازمة

مجموعة نماذج الجزيئات (الكرات والوصلات).

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. كوّن جدولاً لتدوين البيانات.
3. لاحظ ودوِّن لون الكرات المستخدمة لتمثيل ذرات: 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 (كرتين) من الهيدروجين وثبتهما بواسطة وصلة للحصول على نموذج جزيء H_2. لاحظ أن النموذج يمثّل جزيء هيدروجين ثنائيَّ الذرة ذا رابطة أحادية.
6. استعمل وصلتين لربط ذرتي جزيء O_2. ولاحظ أن النموذج يمثل جزيء أكسجين ثنائي الذرات برابطة ثنائية.
7. استعمل ثلاث وصلات لربط ذرتي N_2 معًا. لاحظ أن النموذج يمثل جزيء النيتروجين الثنائي الذرات برابطة ثلاثية.
8. لاحظ أن الجزيئات الثنائية الذرات، كالتي صنعت في هذا النشاط، تكون دائمًا خطية. تتكون الجزيئات الثنائية الذرة من ذرتين فقط، ويمكن وصلهما بخط مستقيم.
9. ارسم تركيب لويس لجزيء الماء، وابنِ نموذجًا مماثلاً له باستعمال الوصلات والكرات.
10. صنف شكل جزيء H_2O مستعينًا بالمعلومات الواردة في **الجدول 6–5**.
11. كرّر الخطوات 9 – 10 مع الجزئيات:
CO، وHCN، وSO_3، وCO_2، وCF_4، وPH_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 شكل جزيء الماء H_2O وشكل جزيء ثاني أكسيد الكربون CO_2.
3. **حلّل واستنتج** أحد الجزيئات في هذا النشاط له أشكال من الرنين. حدد أي هذه الجزيئات له ثلاثة أشكال رنين، وارسمها، ثم اشرح لماذا يحدث هذا الرنين؟
4. **تعرّف السبب والنتيجة** استخدم الفرق في الكهروسالبية لتحديد قطبية الجزيئات المستخدمة في الخطوات 9 – 11، اعتمادًا على قيم قطبية الروابط، ونماذج الجزيئات التي نفذت في المختبر، حدد قطبية كل جزئ.

استقصاء

استعمل الكرات والوصلات لبناء شكلي الرنين لجزيء الأوزون O_3، ثم استعن بأشكال لويس لشرح كيف يمكن أن يتحول الجزيء من شكل إلى آخر (الرنين) بأن يحل زوج من الإلكترونات غير المرتبطة محل رابطة تساهمية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات في إلكترونات تكافؤها.

5-1 الرابطة التساهمية

الفكرة الرئيسة تستقر ذرات بعض العناصر عندما تتشارك في إلكترونات تكافؤها لتكوين رابطة تساهمية.

المفردات

- الرابطة التساهمية
- الجزيء
- تركيب لويس
- رابطة سيجما σ
- رابطة باي π
- تفاعل ماص للطاقة
- تفاعل طارد للطاقة

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الروابط التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من إلكترونات التكافؤ.
- 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 الرأسي للمستويات. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل المستويات المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما ورابطة باي واحدة على الأقل.
- يُقاس طول الرابطة بالمسافة بين نواتي الذرتين المترابطتين. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

5-2 تسمية الجزيئات

الفكرة الرئيسة تستعمل قواعد محددة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.

المفردات

الحمض الأكسجيني

المفاهيم الرئيسة

- 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.

5-3 التراكيب الجزيئية

الفكرة الرئيسة تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء وطرائق ارتباطها معًا داخل الجزيء.

المفردات

الصيغة البنائية

الرنين

الروابط التساهمية التناسقية

المفاهيم الرئيسة

- هناك أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون هناك أكثر من شكل لويس للجزيء الواحد.
- لا تتبع بعض الجزيئات القاعدة الثمانية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

5 دليل مراجعة الفصل

5-4 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 الإلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- يفسّر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال مستويات التهجين المتكافئة.

5-5 الكهروسالبية والقطبية

الفكرة الرئيسة يعتمد نوع 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 عندما لا تكون الإلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.
- يحدد نموذج VSEPR قطبية الجزيء.
- تجذب الجزيئات بعضها بعضًا بقوى ضعيفة . أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرات أخرى بروابط تساهمية..

5-1

إتقان المفاهيم

78. ما القاعدة الثمانية؟ وكيف يمكن استخدامها في الروابط التساهمية؟

79. صف تكوين الرابطة التساهمية.

80. صف تكوين الترابط في الجزيئات.

81. صف قوى التجاذب والتنافر الناتجة عن اقتراب ذرتين إحداهما من الأخرى.

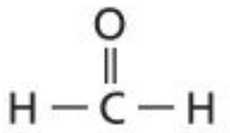
82. كيف يمكنك توقع وجود روابط σ أو باي π في الجزيء؟

إتقان حل المسائل

83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل من N، وAs، وBr، وSe؟وقع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كل عنصر ليحقق قاعدة الثمانية.

84. حدّد روابط σ و باي π في كل من الجزيئات الآتية:

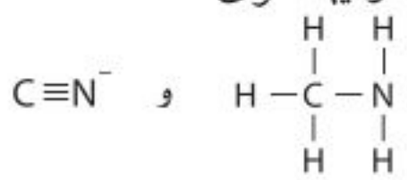
a.



b. $H-C\equiv C-H$

85. أيّ الجزيئات الآتية، CO ، و CH_2O ، و CO_2 تكون فيها رابطة C–O أقصر، وأيها تكون فيها أقوى؟

86. أيّ رابطة من الروابط بين الكربون والنيتروجين في الجزيئات الآتية أقصر، وأيها أقوى؟



$C\equiv N^-$ و

87. رتّب الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعديًّا؟

a. SO_2 **b.** SO_3^{-2} **c.** SO_4^{-2}

5-2

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: تتكون بلورات الكوارتز التي تستخدم في ساعات اليد من ثاني أكسيد السليكون. اشرح كيف يمكن استخدام الاسم لمعرفة أو تحديد صيغة ثاني أكسيد السليكون؟

92. أكمل الجدول 8–5 الآتي:

الجدول 8 -5 أسماء الأحماض

الصيغة	الاسم
$HClO_2$	
H_3PO_4	
H_2Se	
$HClO_3$	

93. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. NF_3 **b.** SO_3 **c.** NO **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 **c.** رباعي فلوريد الكربون

b. رباعي كلوريد السليكون **d.** حمض الكبريتوز

96. اكتب الصيغ الجزيئية للمركبات الآتية:

a. ثنائي أكسيد السليكون

b. حمض البروموز

c. ثلاثي فلوريد الكلور

d. حمض الهيدروبروميك

5-3

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 يخالف المركب AsF_5 قاعدة الثمانية؟

99. العامل المختزل يستخدم ثلاثي هيدريد البورون BH_3 عاملاً مختزلًا في الكيمياء العضوية. فسر لماذا يكون BH_3 روابط تساهمية تناسقية مع جزيئات أخرى؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 5

100. يمكن أن يُكَوِّن عنصرا الأنتيمون والكلور مركب ثلاثي كلوريـــد الأنتيمون وخماسي كلوريـــد 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. ارســـم 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 مستقرًّا تزيد عدد إلكتروناته الخارجيـــة عـــلى ثمانيـــة إلكترونـــات؟ اشرح إجابتك.

a. B **b.** C **c.** P
d. O **e.** Se

5-4

إتقان المفاهيم

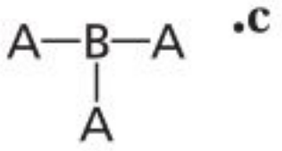
106. ما الأساس الذي بني عليه نموذج VSEPR؟

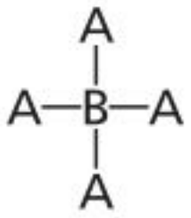
107. مـــا أقصى عدد للمســـتويات المهجنة التـــي يمكن لذرة الكربون أن تكوّنها؟

108. ما الشـــكل الجزيئي لكل جزيء مما يـــأتي ؟ وقدّر زاوية الرابطة لكل جـــزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.

a. A—B

b. A—B—A

c.


d.


109. المركّب الأصل يســـتخدم PCl_5 بوصفه مركب أصل في تكوين مركبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية الـــتهجين، وحدّد عدد مستويات التهجين الموجودة في جزيء PCl_5 .

إتقان حل المسائل

110. أكمل الجدول **9–5** من خلال تعريف الـتهجين المتوقع للذرة المركزية. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).

الجدول 9-5

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. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحل).

a. SCl_2 **b.** NH_2Cl **c.** HOF **d.** BF_3

5-5

إتقان المفاهيم

113. فسر نمط التغير في 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 بـــين الجزيء التســـاهمي الصلـــب والجزيء التســـاهمي الشـــبكي الصلب؟ هل هنـــاك اختلاف في الخواص الفيزيائية؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

117. بيّن الرابطة الأكثر قطبية في كل زوج مما يأتي بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب فيها :

a. S–C و C–O. **b.** C–N و C–F. **c.** P–Cl و P–H.

118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كل رابطة مما يأتي:

a. C–H **b.** C–N **c.** C–S **d.** C–O

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

5 تقويم الفصل

119. توقع أي الروابط الآتية أكثر قطبية

a. C–O **c.** C–Cl
b. Si–O **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. بين ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسّر إجابتك

a. H_3O^+ **c.** H_2S
b. PCl_5 **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 **c.** P_4O_6
b. Cl_2O_7 **d.** NO

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:

a. SeF_2 **c.** PO_3^{3-} **e.** GeF_4
b. ClO_2^- **d.** $POCl_3$

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 شكل لويس لِـ ClF_3، وبيّن نوع التهجين فيه.

130. أكمل **الجدول 10–5** موضحًا عدد الإلكترونات المشتركة في الروابط التساهمية الأحادية، والثنائية، والثلاثية، وحدّد مجموعة الذرات التي تكون كلًّا من الروابط الآتية:

الجدول 10-5 الأزواج المشتركة

نوع الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	الذرات التي تكوّن الرابطة
التساهمية الأحادية		
التساهمية الثنائية		
التساهمية الثلاثية		

التفكير الناقد

131. صمّم خريطة مفاهيم تربط بين نموذج VSEPR، ونظرية التهجين، وأشكال الجزيئات.

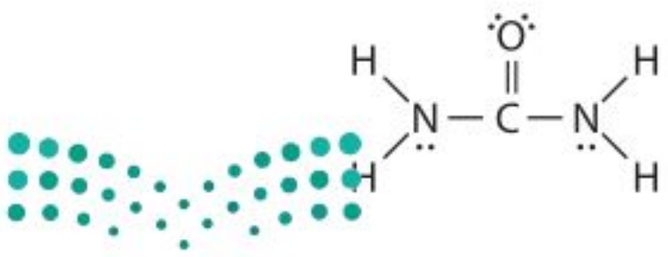
132. قارن بين المركبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخيك III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخيك.

133. أكمل **الجدول 11–5**.

الجدول 11-5 الخواص والترابط

الصلب	وصف الرابطة	خواص الصلب	مثال
أيوني			
جزيئي تساهمي			
فلزي			
تساهمي شبكي			

134. طبِّق اليوريا مركب يستخدم في تصنيع البلاستيك والأسمدة. بيّن روابط σ و π وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركب المبين أدناه.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 5

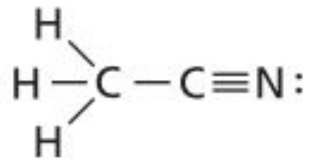
135. حلّل حدد قطبية كل جزيء يتصف بالخواص الآتية:

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 في كل ذرة من ذرات الكربون، وفسّر إجابتك.

مسألة تحفيز

137. تفحّص طاقات تفكك الروابط المبينة في **الجدول 12–5**.

الجدول 12-5 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 تركيب 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 لكل مركب مما يأتي:

a. كربونات الكالسيوم

b. كلورات البوتاسيوم

c. أسيتات (خلات) الفضة

d. كبريتات النحاس II

e. فوسفات الأمونيوم

139. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح لكل مركب مما يأتي:

a. NaI

b. $Fe(NO_3)_3$

c. $Sr(OH)_2$

d. $CoCl_2$

e. $Mg(BrO_3)_2$

تقويم إضافي

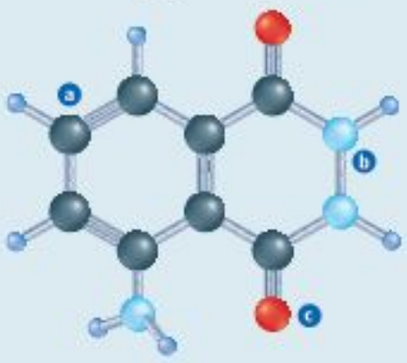
الكتابة في الكيمياء

140. مضاد التجمد Antifreeze ابحث عن المركب إيثلين جلايكول ethylene glycol لتعرف صيغته الكيميائية، واشرح كيف يساعد تركيب هذا المركب على استخدامه مبرِّدًا.

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 26–5** يوضح نموذج الكرة والعصا لهذا المركب.

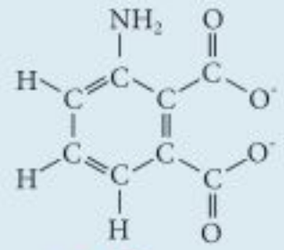


الشكل 26–5

142. حدد الصيغة الجزيئية لمركب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

143. بيّن تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a ،وb،و c في **الشكل 26–5**.

144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين ينتج عن التفاعل مركب Na_2APA وماء ونيتروجين وطاقة ضوئية، **والشكل 27–5** يبين الصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية للأيون APA العديد الذرات.



أيون APA

الشكل 27–5

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

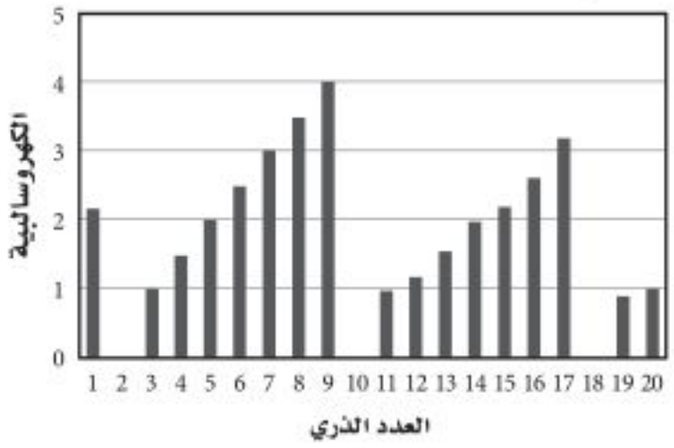
1. الاسم الشائع للمركب SiI_4 هو رباعي أيودو سيلان. ما الاسم العلمي له؟

a. رباعي يوديد السيلان.
b. رباعي يود السيلان.
c. يوديد السليكون.
d. رباعي يوديد السليكون.

2. أيّ المركبات الآتية يحتوي على رابطة باي واحدة على الأقل؟

a. CO_2 **c.** AsI_3
b. $CHCl_3$ **d.** BeF_2

استخدم الرسم البياني في الإجابة عن السؤالين 3 و4.



3. ما كهروسالبية العنصر الذي عدده الذري 14؟

a. 1.5 **b.** 1.9 **c.** 2.0 **d.** 2.2

4. بيِّن أيّ 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. أيّ مما يأتي يمثّل تركيب لويس لثنائي كبريتيد السليكون؟

a. :S::Si::S:
b. ·̈S::Si::S·̈
c. ·̈S:Si:S·̈
d. :S̈:Si:S̈:

6. تُكَوّنُ ذرة السيلينيوم المركزية في سداسي فلوريد السيلينيوم القاعدة الثمانية. ما عدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بذرة Se المركزية؟

a. 4 **b.** 5 **c.** 6 **d.** 7

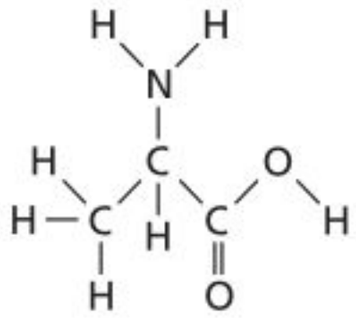
استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و 8.

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. أيّ 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. أيّ المركبات الآتية ليس له شكل الجزيء المنحني؟

a. BeH_2 **b.** H_2S **c.** H_2O **d.** SeH_2

10. أيّ مما يأتي غير قطبي؟

a. H_2S **b.** CCl_4 **c.** SiH_3Cl **d.** AsH_3

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 11 – 13.

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

11. 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 قطبية أو رابطة تساهمية غير قطبية

d. له رابطة تساهمية قطبية أو رابطة أيونية

12. أيّ مما يأتي لا يمكن أن يكون درجة انصهار Cr_2O_3؟

a. 2375 °C

b. 950 °C

c. 148 °C

d. 3342 °C

13. أيّ 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.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)

المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
	Li·	·Be·	·Ḃ·	·Ċ·	·N̈·	·Ö:	:F̈:	:N̈e:

14. اعتمادًا على تراكيب لويس المبينة أعلاه، أي الأزواج الآتية ترتبط بنسبة 3 : 2 ؟

a. ليثيوم وكربون

b. بيريليوم وكلور

c. بيريليوم ونيتروجين

d. بورون وأكسجين

e. بورون وكربون

15. ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير في عنصر البريليوم إذا أصبح أيونًا موجبًا؟

a. 0

b. 2

c. 4

d. 6

e. 8

16. 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؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

ينتج الجزيء XY_2 عن اتحاد ذرة العنصر X مع ذرتين من العنصر Y. إذا علمت أنّ العدد الذري للعنصر X يساوي 8 والعدد الذري للعنصر Y هو 1، فأجب عما يأتي:

17. ارسم شكل لويس لهذا الجزيء.

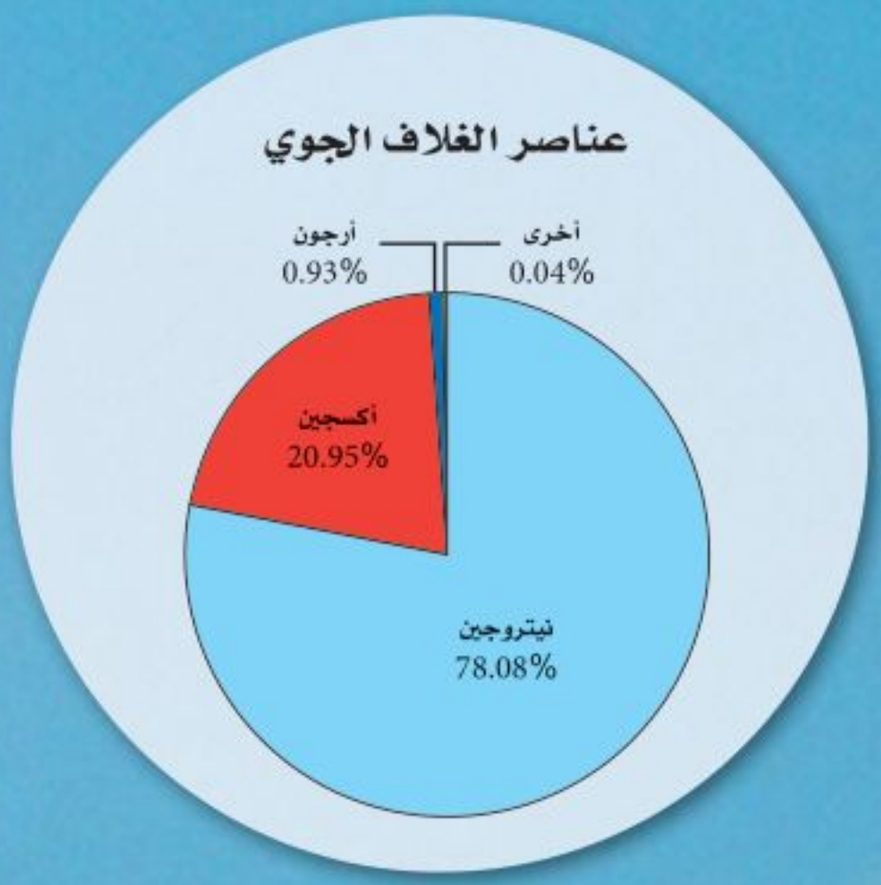
18. هل الجزيء قطبي أم لا؟ فسر إجابتك.

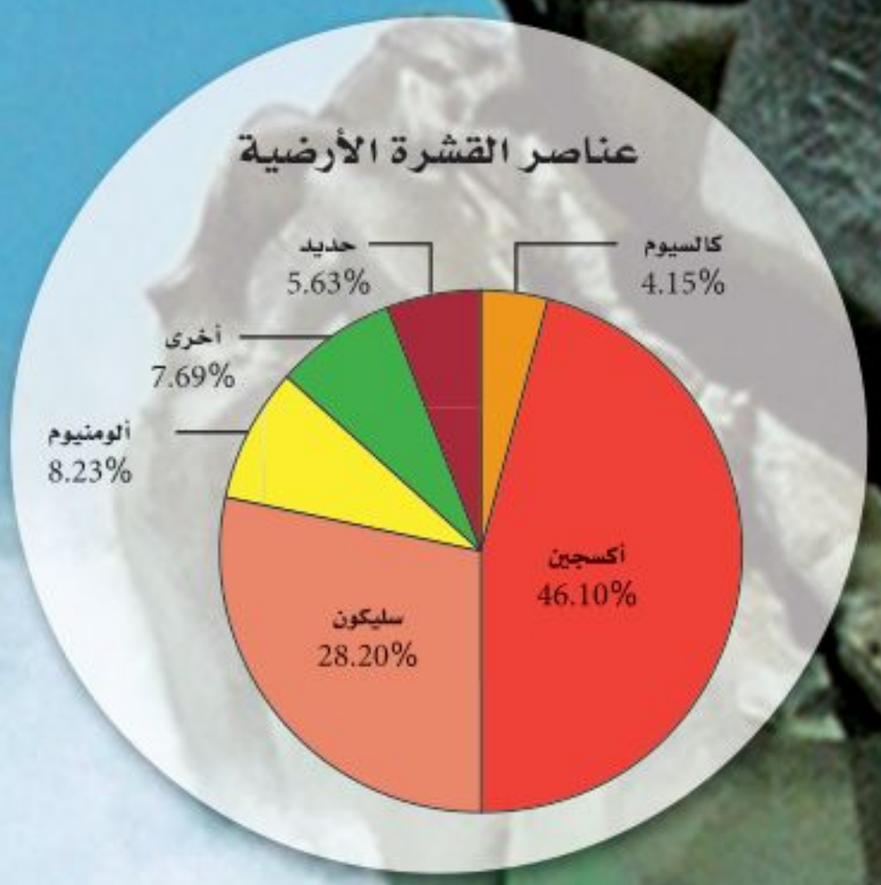
19. وضِّح نوع المستوى الهجين في هذا الجزيء.

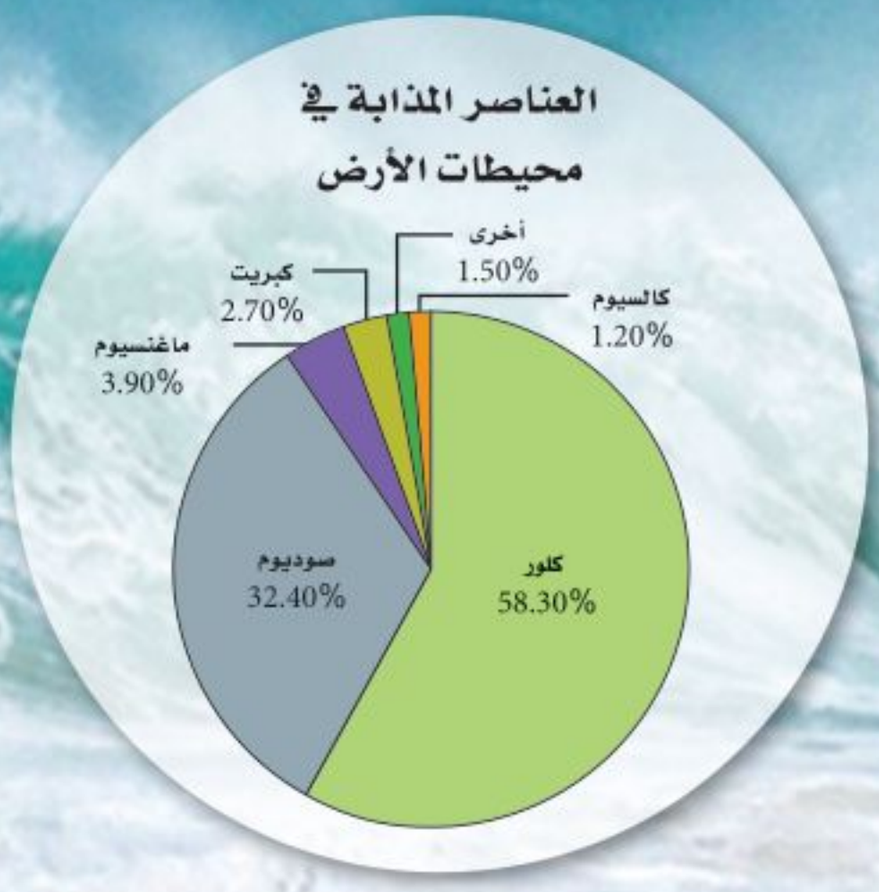
20. فسر لماذا تكون الزوايا بين الروابط في هذا الجزيء أقل من 109.5 درجة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

دليل العناصر الكيميائية Elements Handbook



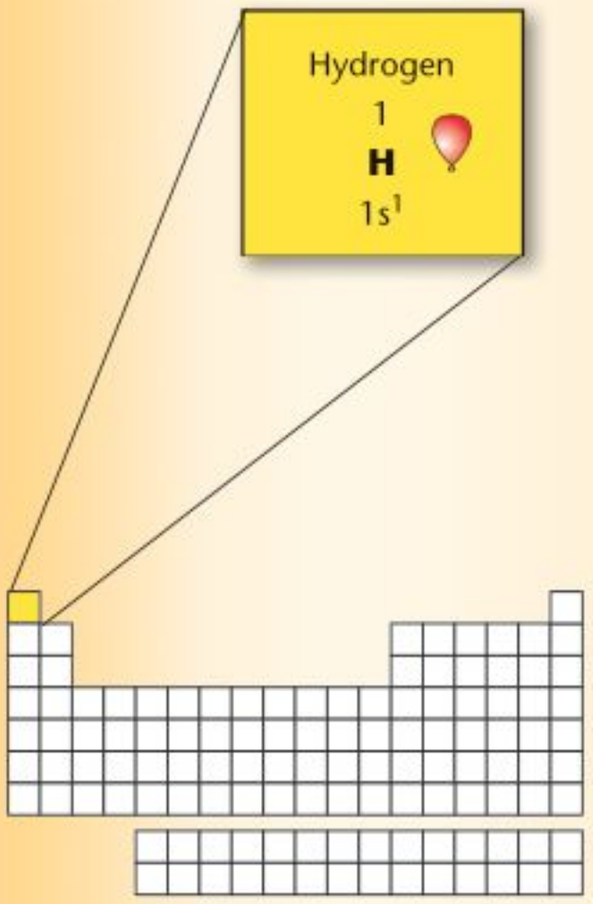




وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

حقائق حول عنصر: الهيدروجين

Hydrogen



الخواص الفيزيائية والذرية

- لغاز الهيدروجين H_2 كثافة أقــل من الغازات الأخرى عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- يمكن أن يوجد الهيدروجين في الحالة الصلبة عند تعرضه للضغط الشديد كما في باطن كوكب المشتري.
- يوضع الهيدروجين في المجموعــة الأولى من الجدول الدوري؛ لاحتوائه على إلكترون تكافؤ واحد.
- يتشارك الهيدروجين مع فلزات المجموعة 1 في بعض الخواص؛ فهو يفقد إلكترونًا واحدًا لتكوين أيون الهيدروجين الموجب H^+.
- يتشــارك الهيدروجين في بعض الخواص أيضًا مع عناصر المجموعة 17 اللافلزية؛ فهو يستطيع اكتســاب إلكترون واحد لتكوين أيون الهيدريد السالب H^-.
- للهيدروجــين ثلاثة نظائر شــائعة، هي: **البروتيوم** وهو الأكثر شــيوعا، حيث يحتوي بروتونًا واحــدًا وإلكترونًا واحدًا، ولا يحتوي نيوترونات. **والديوتيريوم** الذي يدعى أيضا الهيدروجين الثقيل حيث يحتوي بروتونًا واحــدًا ونيوترونًــا واحدًا، وإلكترونًا واحدًا.
- **التريتيوم** وهو مشــع ويحتوي عــلى نيوترونــين وإلكترون واحد، وبروتون واحد.

الخواص الفيزيائية والذرية للهيدروجين	
درجة الانصهار	−259°C
درجة الغليان	−253°C
الكثافة	8.98×10^{-5} g/ml
نصف القطر الذري	78 pm
طاقة التأين الأولى	1312 kJ/mol
الكهروسالبية	2.2

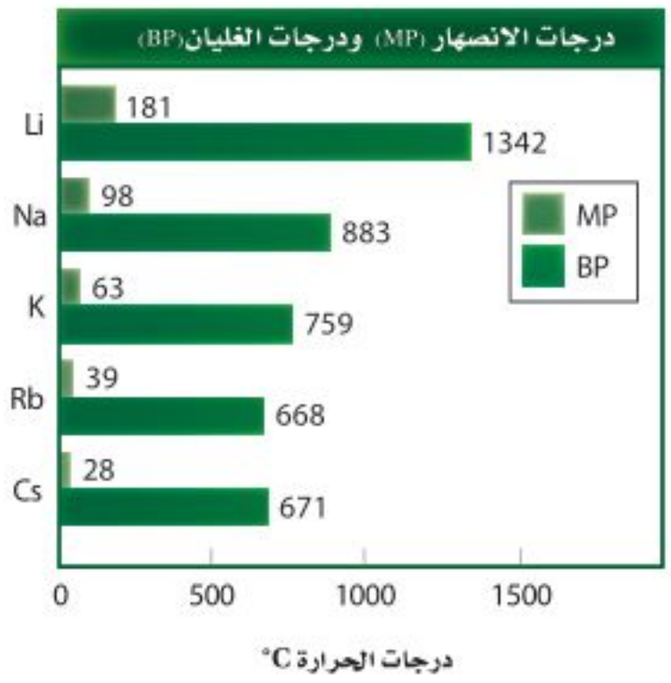
الاختبارات التحليلية

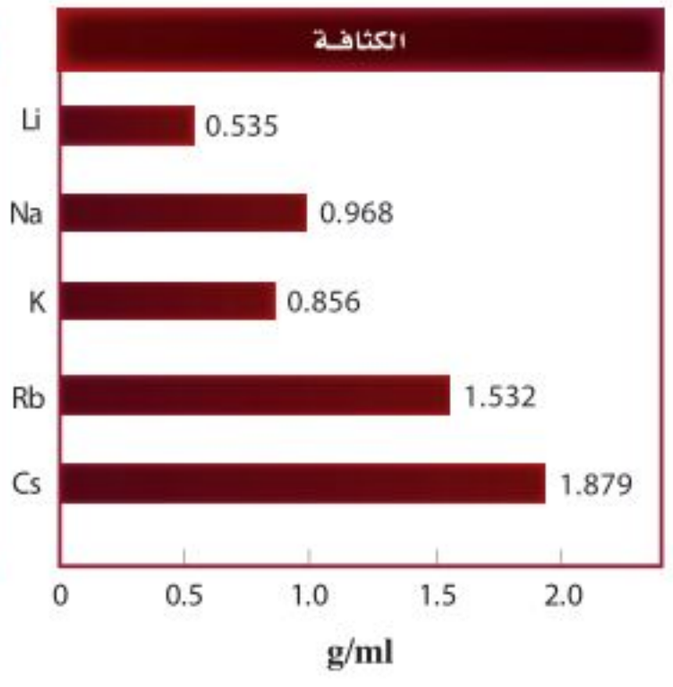
يعد الرقــم الهيدروجيني pH مقياسًــا لدرجــة تركيز أيونات الهيدروجــين H^+ في محلول مائي، فإذا عبّرنــا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحــدة mol /l فإن الرقــم الهيدروجينيpH هو ســالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين $-\log [H^+]$. فمثلا: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين 1×10^{-2} mol /l، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

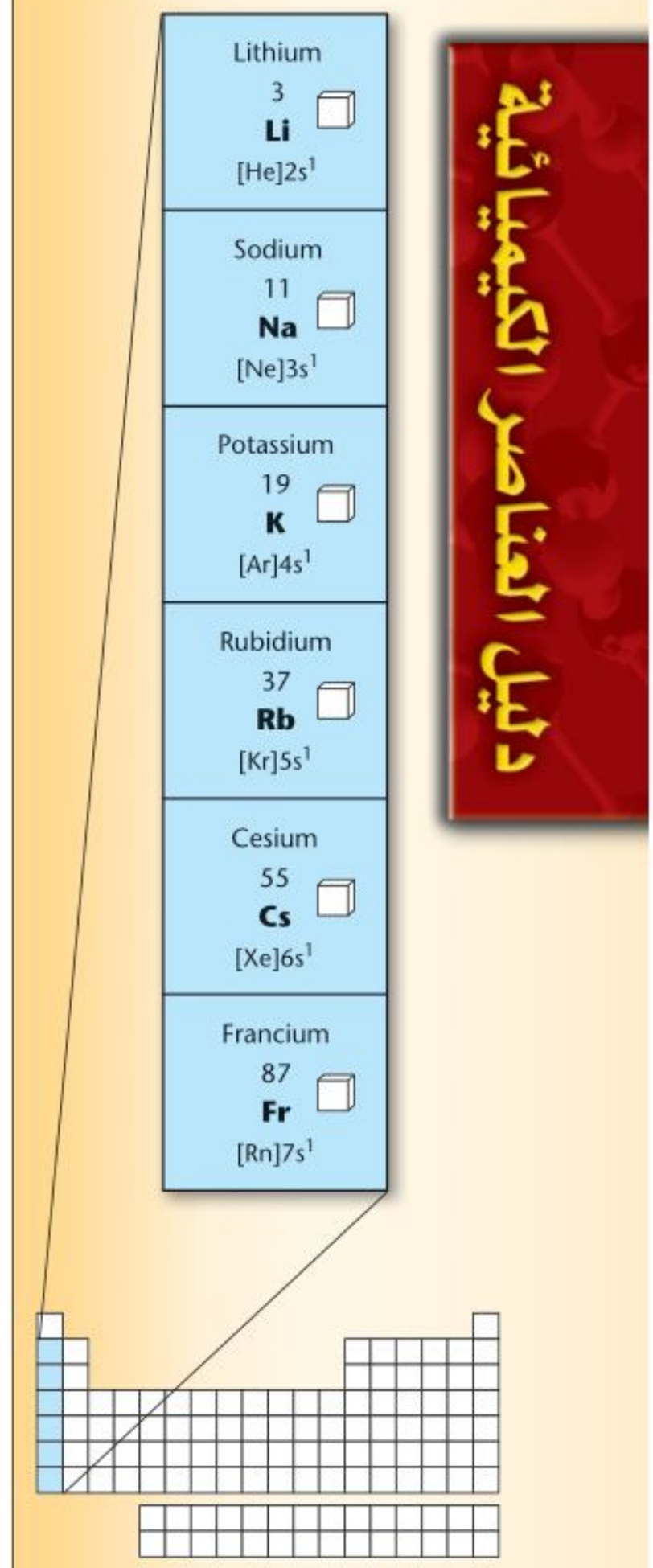
يمكن أن تكون المواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف المنازل حمضية أو قلوية حســب تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة، وكلما كان تركيزها أكبر كانت درجة الحموضة أقل.

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. فعلى سبيل المثال، تكون كثافة كل من الصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم أقل من كثافة الماء.
- للفلزات القلوية درجات انصهار منخفضة، مقارنة بالفلزات الأخرى، ومنها الفضة والذهب.



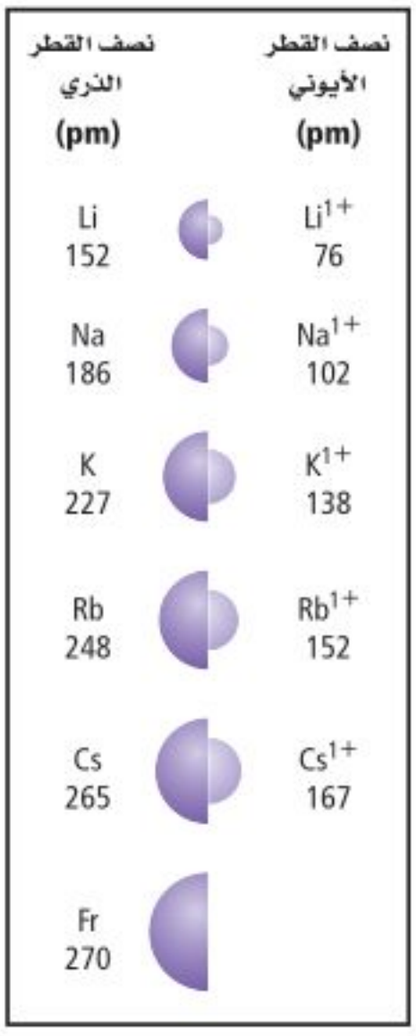


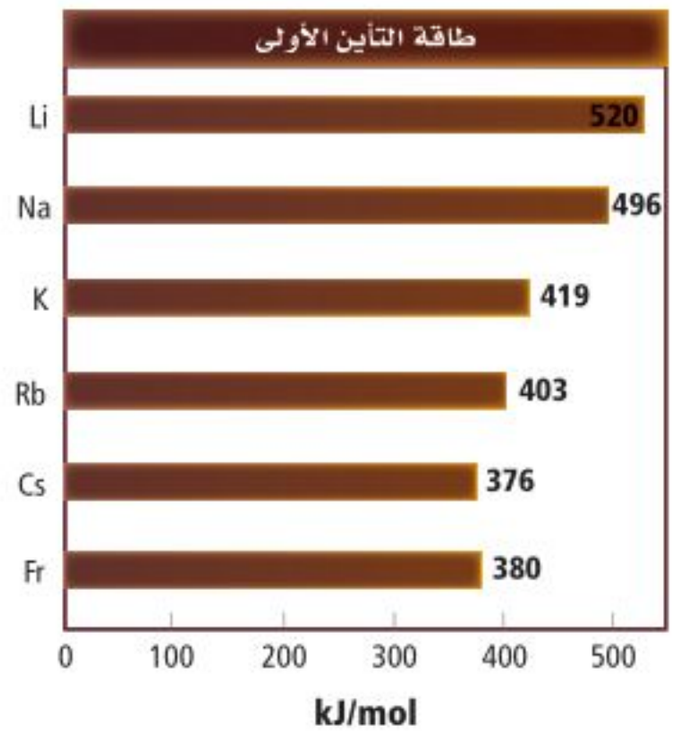


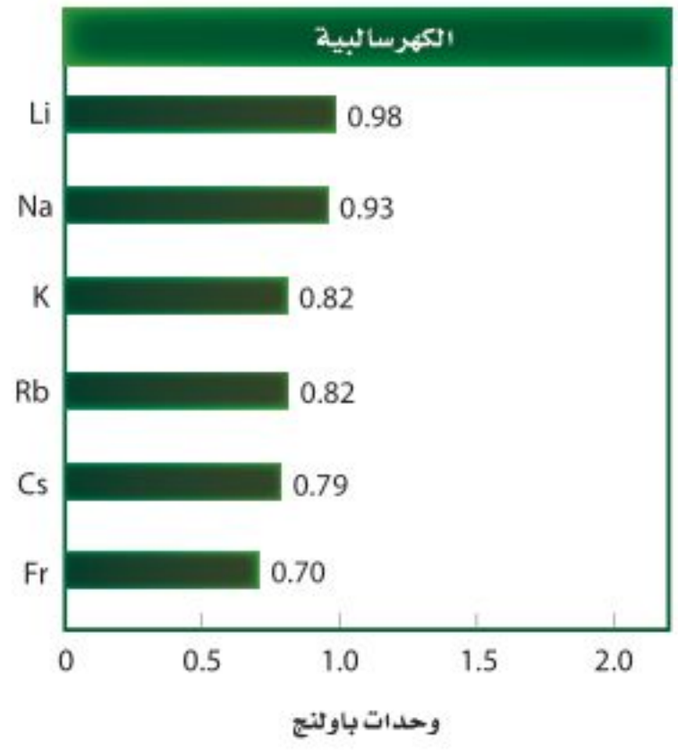
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 1 إلكترون تكافؤ واحد وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^1 .
- تفقد عناصر المجموعة 1 إلكترون التكافؤ الخاص بها لتكون أيونًا 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 مشع على الأقل.
- بسبب ندرة عنصر الفرانسيوم، ولأنه يضمحل بسرعة كبيرة جدًّا فإن خواصه غير معروفة إلى الآن.







الاختبارات التحليلية

يمكـــن تعرف الفلزات القلوية من خلال اختبارات اللهب؛ فالليثيـــوم ينتج لهبًا أحمر اللون، والصوديوم ينتج لهبًا برتقاليًّا، بينما ينتج كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهبًا بنفسجيًّا.

الليثيوم

الصوديوم

البوتاسيوم

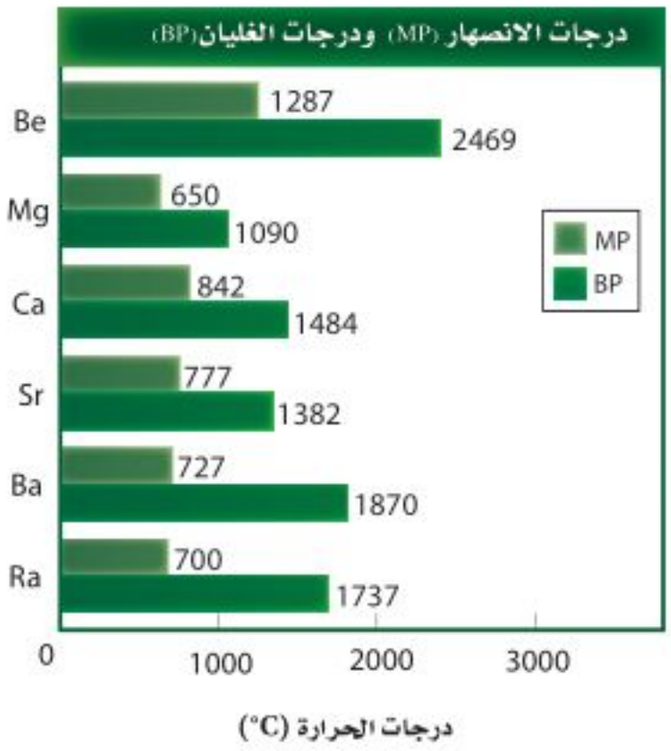
الروبيديوم

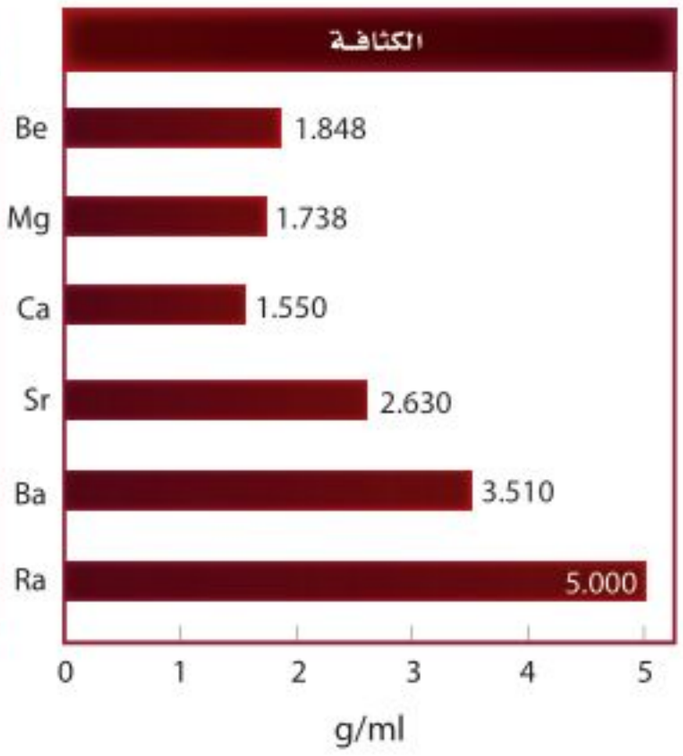
السيزيوم

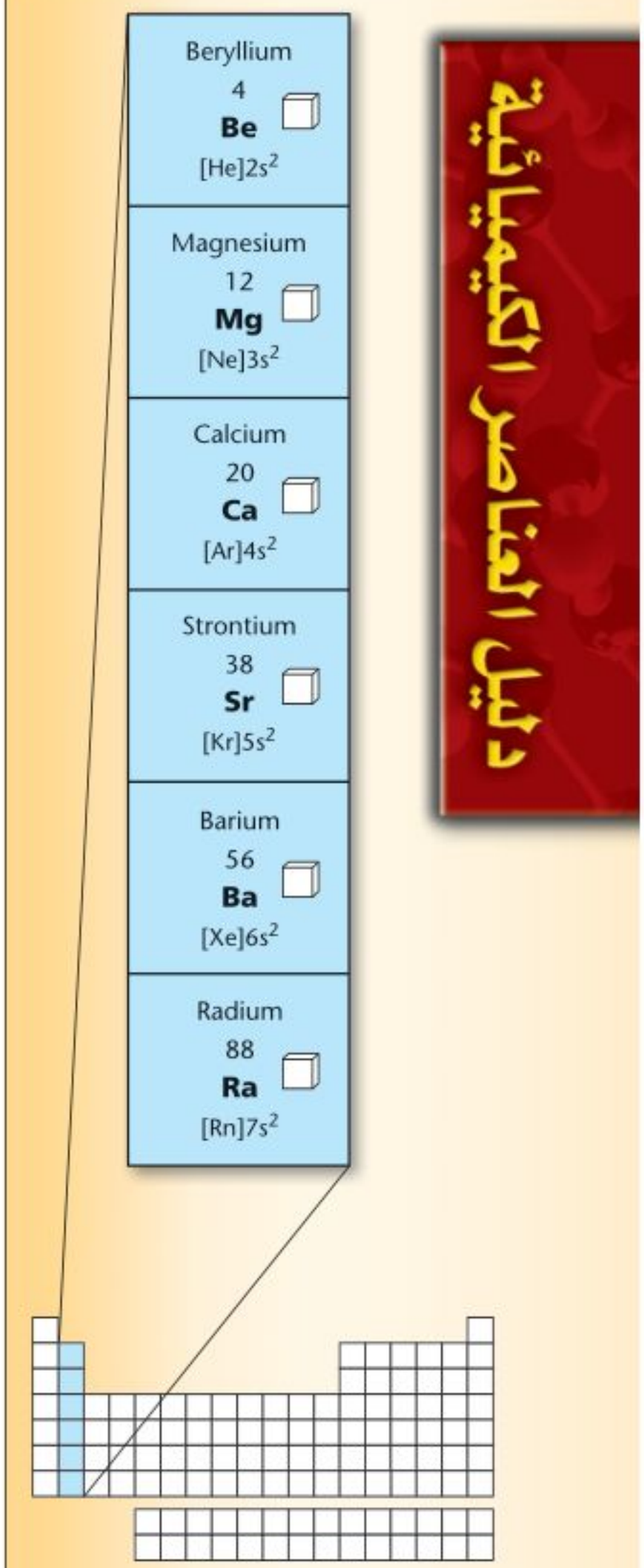
المجموعة 2 : الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals

الخواص الفيزيائية

- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهـر فضي لامع، وتتكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعـد الفلزات القلوية الأرضية أصلب وأكثر كثافـة 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 من أعلى إلى أسفل في المجموعة.





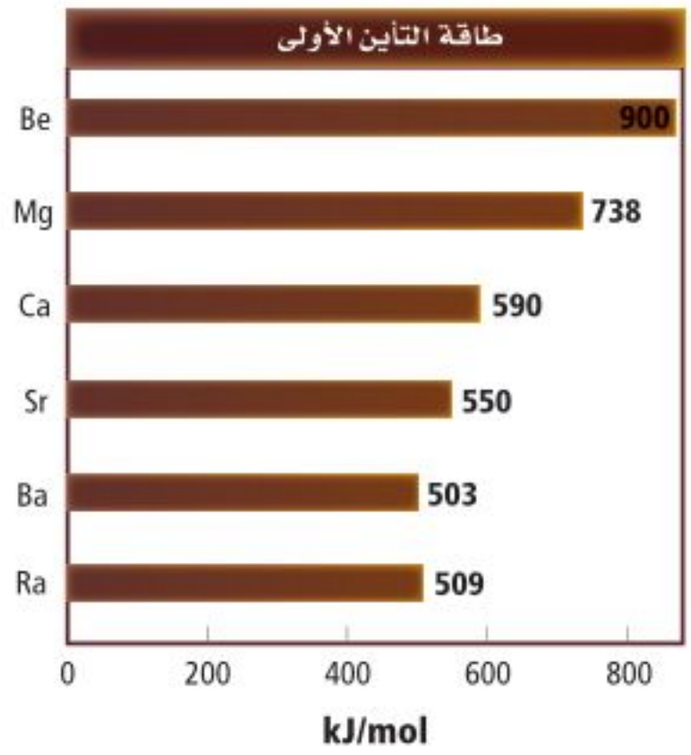


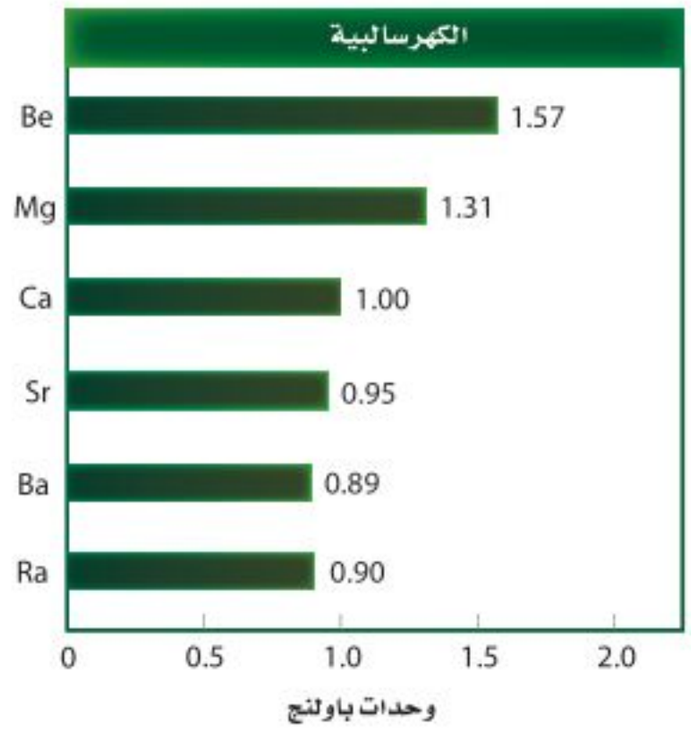
وزارة التعـليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الذرية

- لكل عنصر من المجموعة 2 إلكترونا تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^2 .
- تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكتروني التكافؤ الخاصَّين بها لتكون أيونًا ذا شحنة ثنائية موجبة 2+.
- يزداد نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من أنصاف أقطار ذرات المجموعة 1 وأنصاف أقطار أيوناتها.
- تقل الكهروسالبية وطاقة التأين كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنهما يكونان أكبر من عناصر المجموعة 1.

	نصف القطر الأيوني (pm)		نصف القطر الذري (pm)
Be	Be^{2+} 31		112
Mg	Mg^{2+} 72		160
Ca	Ca^{2+} 100		197
Sr	Sr^{2+} 118		215
Ba	Ba^{2+} 135		222
Ra			220





الاختبارات التحليلية

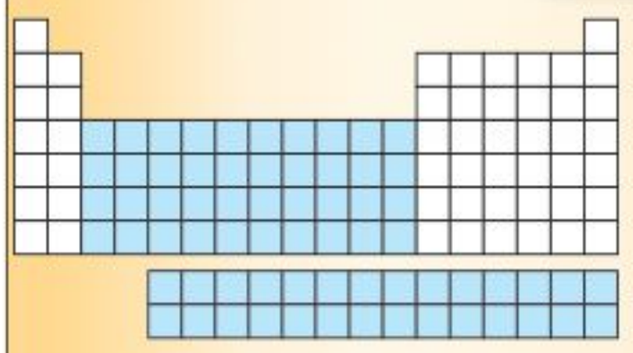
يمكن تعرُّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم ينتج لهبًا قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي ، بينما ينتج الإسترانشيوم لهبًا قرمزيًّا أقرب إلى اللون البنفسجي، أما الباريوم فينتج لهبًا أصفر مخضرًّا.

الباريوم الإسترانشيوم الكالسيوم

الخواص الفيزيائية

- تشـــمل العناصر الانتقالية الرئيسة أربع سلاسل من الفئة d، والتي تتراوح أعدادها الذريـــة بـــين (109 – 104)، (80 – 72)، (48 – 39)، (30 – 21). أمـــا العناصر الانتقاليـــة الداخلية فتشـــمل عناصر الفئة f (وهي عناصر نادرة)، ضمن سلســـلة اللانثانيدات، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (71 – 57)، وسلســـلة الأكتنيدات التي تتراوح أعدادها الذرية بين (103 – 89)، وجميعها فلزات.
- تعد العناصر الانتقالية –كغيرها من الفلزات– جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة، وهي قابلة للســـحب، مما يعني أنه من الممكن سحبها على شكل أسلاك، وهي أيضا مرنة قابلة للطرق، مما يعني إمكانية طرقها وسحبها على شكل صفائح.
- للعناصر الانتقالية عامـــة كثافة مرتفعة، ودرجات انصهار مرتفعة، وضغط بخاري منخفـــض. وتكون جميع العناصر الانتقالية صلبة عنـــد درجة حرارة الغرفة ما عدا الزئبق، الذي يكون في الحالة السائلة.
- صلابة العناصر الانتقاليـــة، وتوافـــرها بكثرة –ومنها الحديد– تجعلها تســـتخدم بوصفها مواد بناء.
- العديـــد من العناصر الانتقالية تعكس الضوء المرئي عنـــد أطوال موجية محددة، مما يجعل بعض مركباتها تظهر ملونة ولامعة.
- غالبـــا ما يكون للعناصر الانتقالية خواص مغناطيســـية، ممـــا يعني أنها تنجذب إلى مجـــال مغناطيسي قريب منها. وتعد العناصر الانتقاليـــة الثلاثة (الحديد والكوبلت والنيـــكل) ذات خواص مغناطيســـية، حيـــث يمكن لهذه العنـــاصر تكوين مجالها المغناطيسي الخاص بها.

عند تعرض برادة الحديـــد إلى مغناطيس تصبح مغناطيسًا، وتنجذب إلى المغناطيس وينجذب بعضها إلى بعض.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الذرية

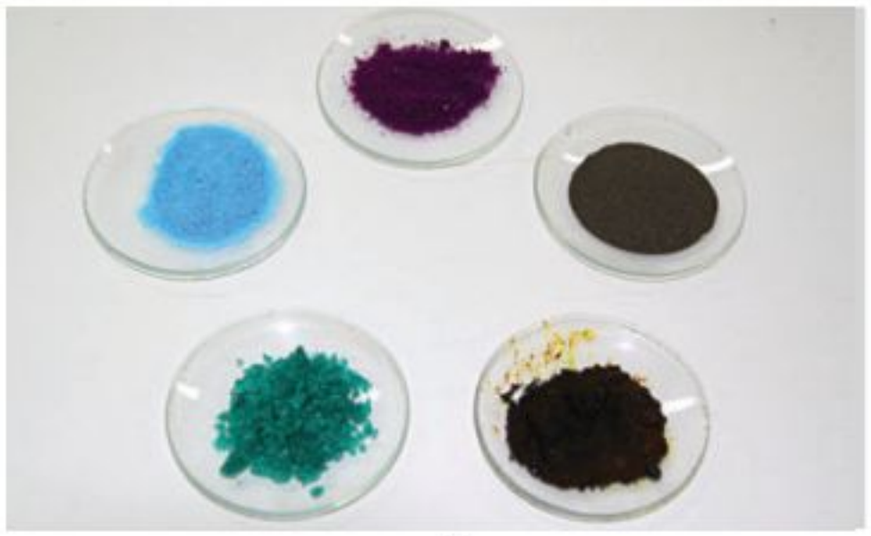
- للعناصر الانتقالية الرئيسة مجالات ثانوية d غير مكتملة.
- تتضمن العناصر الانتقالية الداخلية سلسلة اللانثانيدات وسلسلة الأكتنيدات، ولهذه العناصر مجالات ثانوية f غير مكتملة.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تعرّف خواصها الكيميائية؛ فكلما كان عدد الإلكترونات غير المرتبطة في المجال الثانوي d أكبر كان العنصر أكثر صلابة وكانت درجات الانصهار والغليان أعلى.
- تسبب الإلكترونات غير المرتبطة في مجالات f و d الخواص المغناطيسية للعناصر الانتقالية.
- يساعد التركيب الإلكتروني العناصر الانتقالية على تكوين المركبات الملونة؛ إذ تستطيع المركبات التي تحتوي إلكترونات غير مرتبطة في المجال d امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصر 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. تَستخدم هذه الطريقةُ في التحليل التفاعلَ الذي يحدث بين إلكترونات التكافؤ للعناصر الانتقالية، والضوء المرئي. ولأن الكثير من مركبات العناصر الانتقالية ذات ألوان فإنه يصبح من الممكن استخدام هذه التقنية في تحليل العناصر الانتقالية.



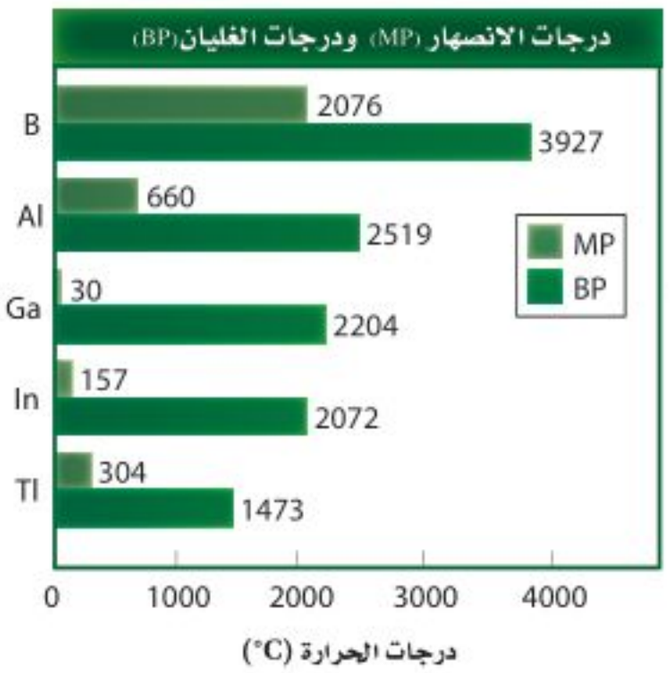
لعناصر المركبات الانتقالية ألوان بسبب الامتلاء الجزئي للمجال d، وتستطيع الإلكترونات فيها امتصاص الضوء المرئي لأطوال موجبة محددة، أما المركبات التي تحتوي مجالًا ممتلئًا أو فارغًا تمامًا من الإلكترونات فإنها لا تكون ألوانًا براقة.

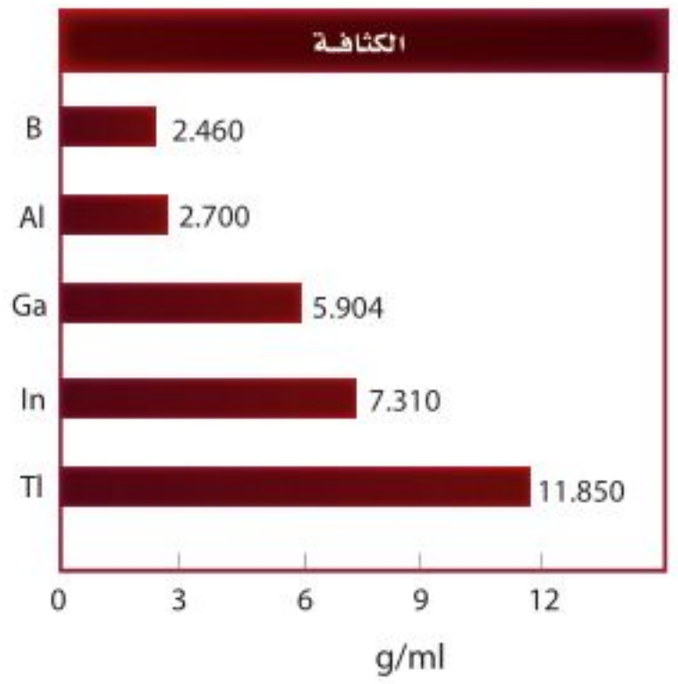
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

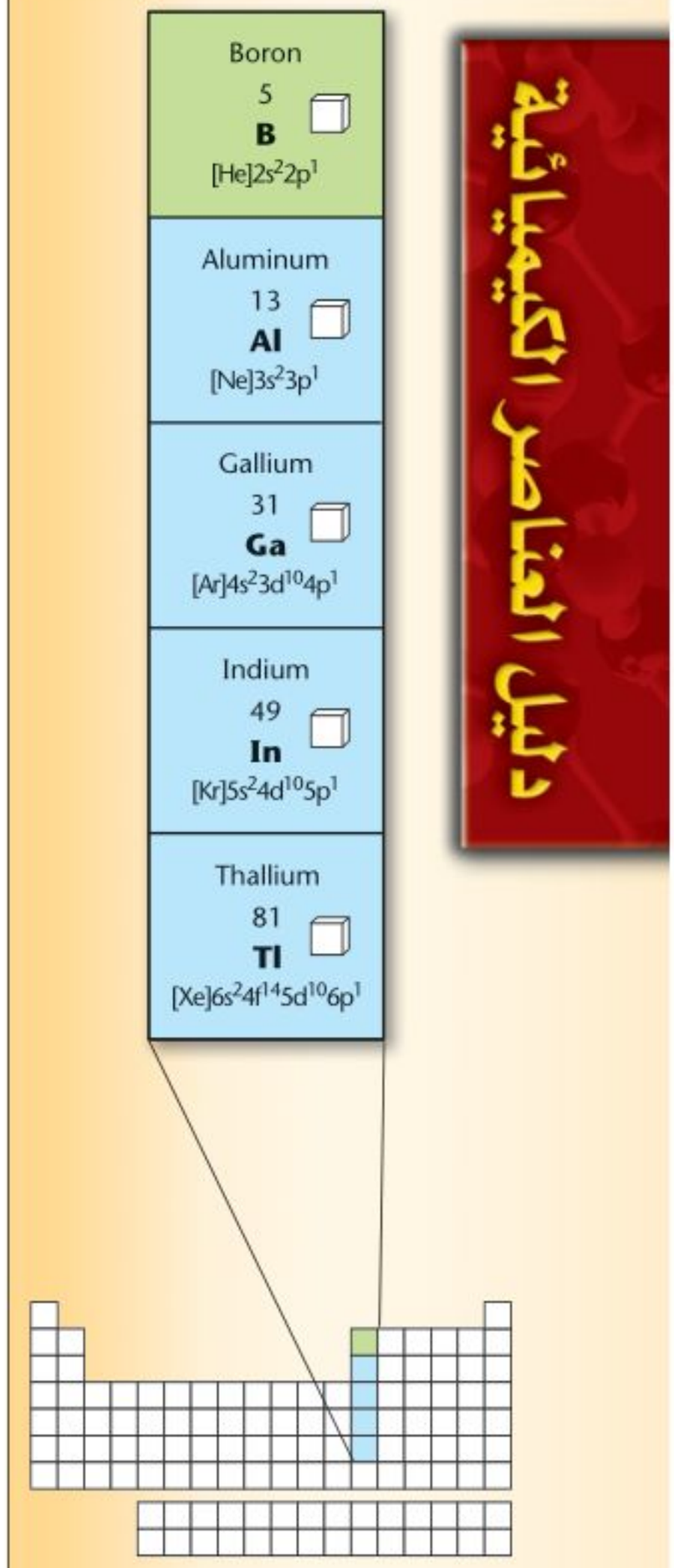
المجموعة 13: مجموعة البورون Boron Group

الخواص الفيزيائية

- لمعظم عناصر المجموعة 13 من الفلزات 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 يعد صلبًا جدًّا كالماس.
- تكون عناصر المجموعة 13 صلبـــة عند درجة حرارة الغرفة، وينصهر الجاليوم عند ارتفاع درجة حرارة الغرفة عن معدلها قليلًا.
- لعناصر المجموعة 13 درجة غليـــان أعلى من درجة غليان عناصر مجموعة الفلزات القلوية الأرضية، و درجتا غليان وانصهار أقل من عناصر مجموعة الكربون.





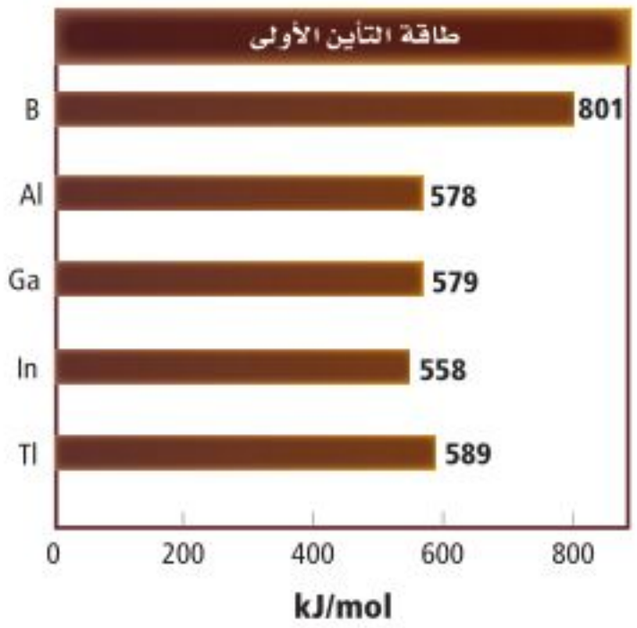


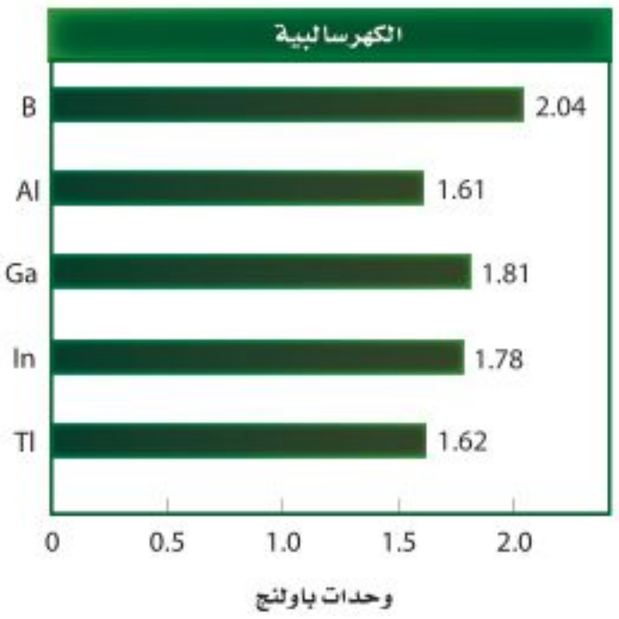
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\ np^1$.
- تفْقد 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 تكافئها لتكون أيونًا ذا 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 الأيوني (pm)	نصف القطر الذري (pm)
B	B^{3+} 20	85
Al	Al^{3+} 50	143
Ga	Ga^{3+} 62	135
In	In^{3+} 81	167
Tl	Tl^{3+} 95	170





الاختبارات التحليلية

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.

نتائج اختبار اللهب	
العنصر	لون اللهب
البورون	وميض أخضر ساطع
الإنديوم	لون أزرق نيلي
الثاليوم	أخضر

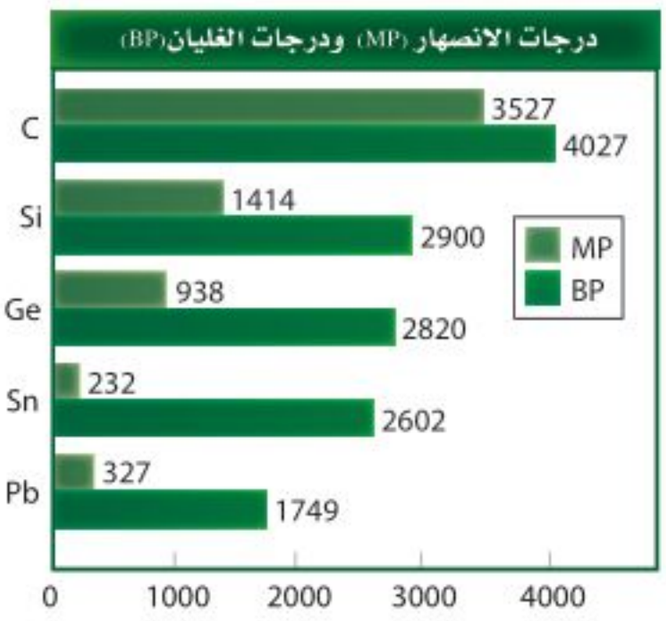
الإنديوم

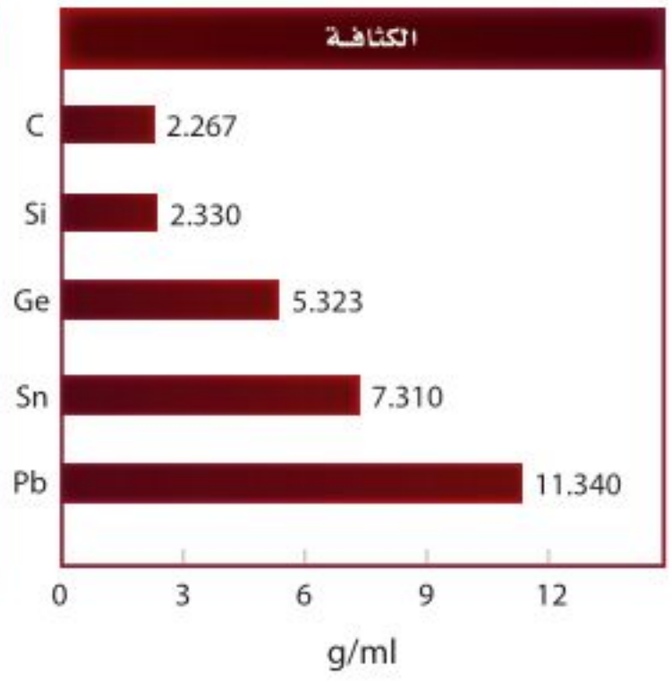
تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الفيزيائية

- تــزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أســفل المجموعة. فالكربون لافلز. بينما السليكون والجرمانيوم أشباه فلزات. أما القصدير والرصاص ففلزات.
- يمكن أن يوجد الكربون على شــكل مسحوق أســود ؛ أو مادة طرية، أو مادة صلبة زلقة رمادية اللون؛ أو مادة صلبة شــفافة ؛ أو مادة صلبة ذات لون برتقالي قريب إلى الاحمرار.
- يمكن للسليكون أن يكون مسحوقًا بنيًّا أو مادة صلبة رمادية لامعة.
- الجرمانيوم شبه فلز صلب ولامع ، لونه رمادي- أبيض، يمكن أن يكسر بسهولة.
- للقصدير أيضا شــكلان؛ حيث يوجد على شــكل فلز صلب فضي اللون مائل إلى اللون الأبيض، كما يوجد أيضًا على شــكل فلــز 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 .





العناصر الكيميائية

Carbon
6
C
$[He]2s^2 2p^2$

Silicon
14
Si
$[Ne]3s^2 3p^2$

Germanium
32
Ge
$[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^2$

Tin
50
Sn
$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^2$

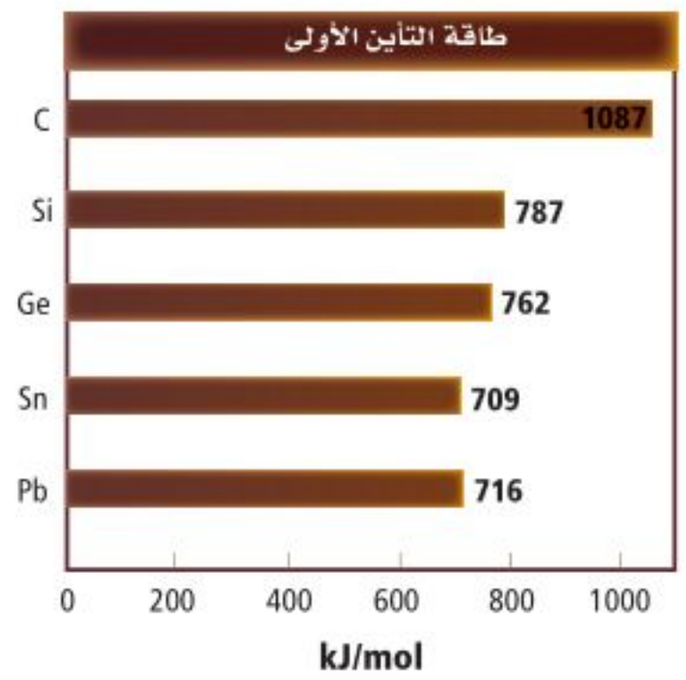
Lead
82
Pb
$[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$

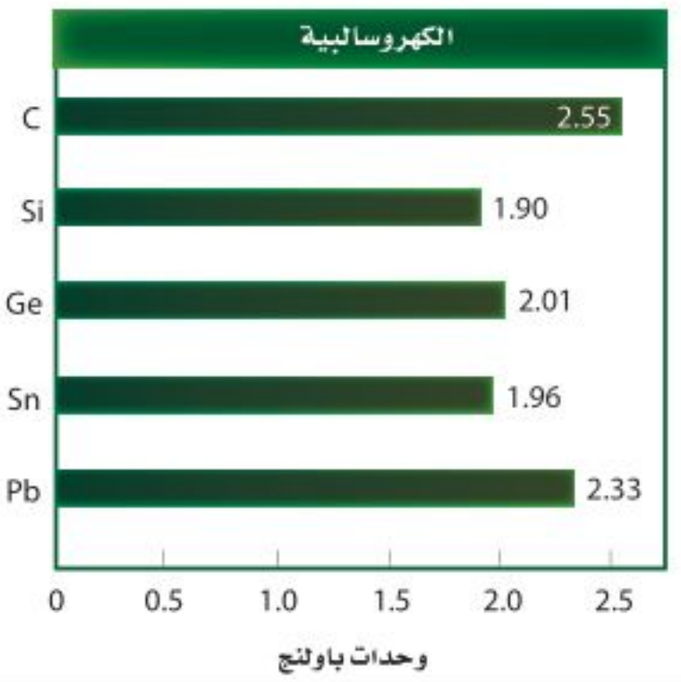
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 والسليكون في بعض المركبات عدد تأكسد 4−
- يوجد كل من الكربون والسليكون 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 بين هذه العناصر.

	نصف القطر الأيوني (pm)		نصف القطر الذري (pm)
C	C^{4+} 15		77
Si	Si^{4+} 41		118
Ge	Ge^{4+} 53		122
Sn	Sn^{4+} 71		140
Pb	Pb^{4+} 84		146





الاختبارات التحليلية

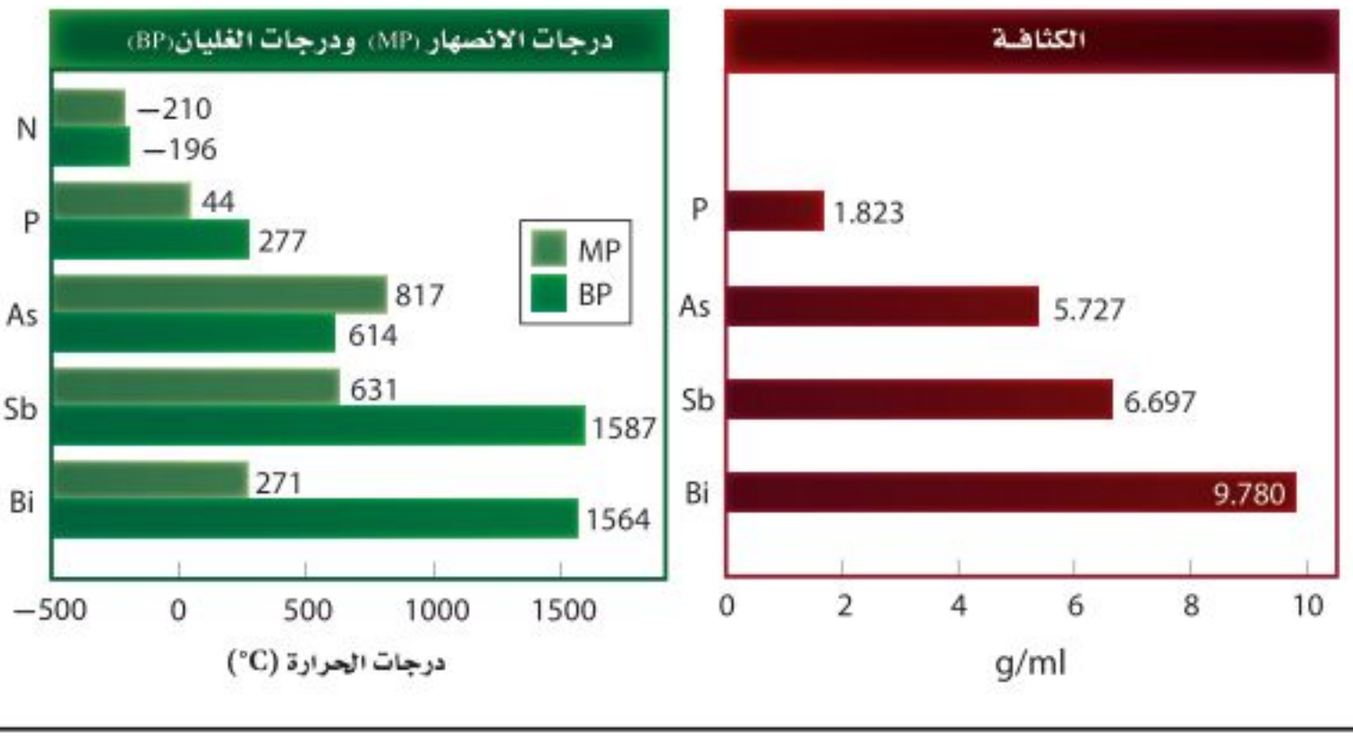
لا يمكن تعرُّف عناصر المجموعة 14، من خلال اختبارات اللهب؛ لأن هذه العناصر ترتبط مع غيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الرصاص الذي ينتج ضوءًا أزرق اللون. ويمكن تعرُّف عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، و من خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلًا يكوّن الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتهما إلى محاليل محددة.

عند إضافة نترات الرصاص إلى يوديد البوتاسيوم ينتج راسب أصفر من يوديد الرصاص.

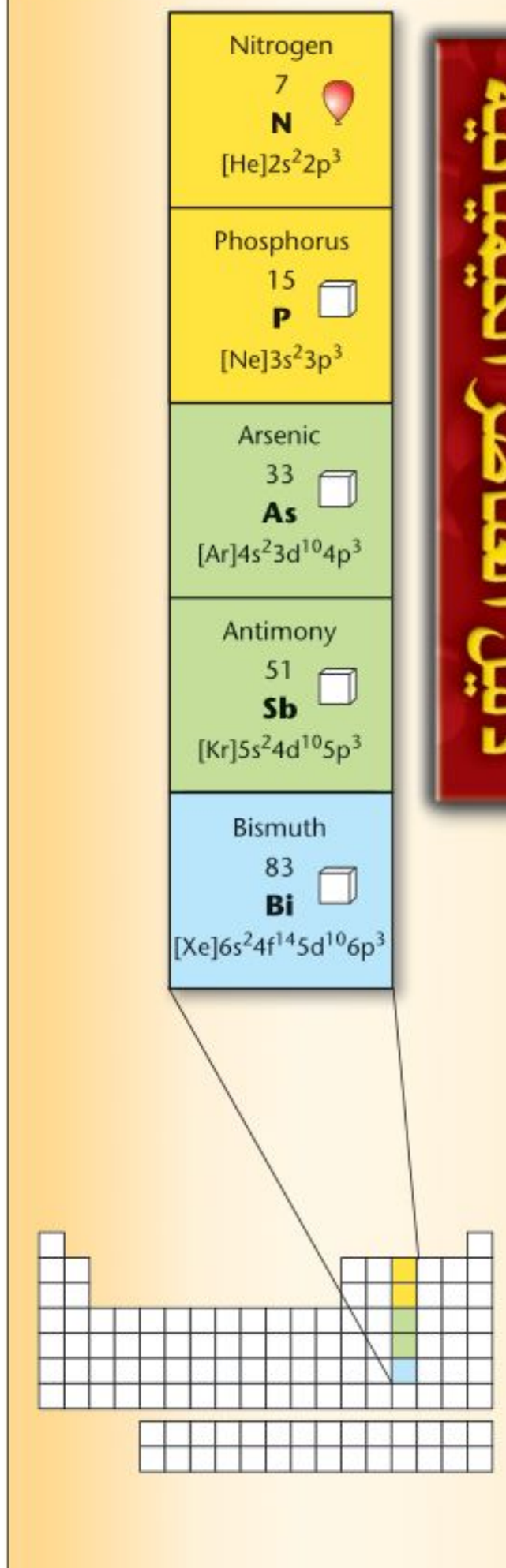
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية – تمامًا كعناصر المجموعة 14– كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة؛ فالنيتروجين والفوسفور لافلزات، بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البزموث ففلز.
- 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 يكون 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 توصيلًا للكهرباء، وهو هش أيضًا.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضا كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 15.



العناصر الكيميائية

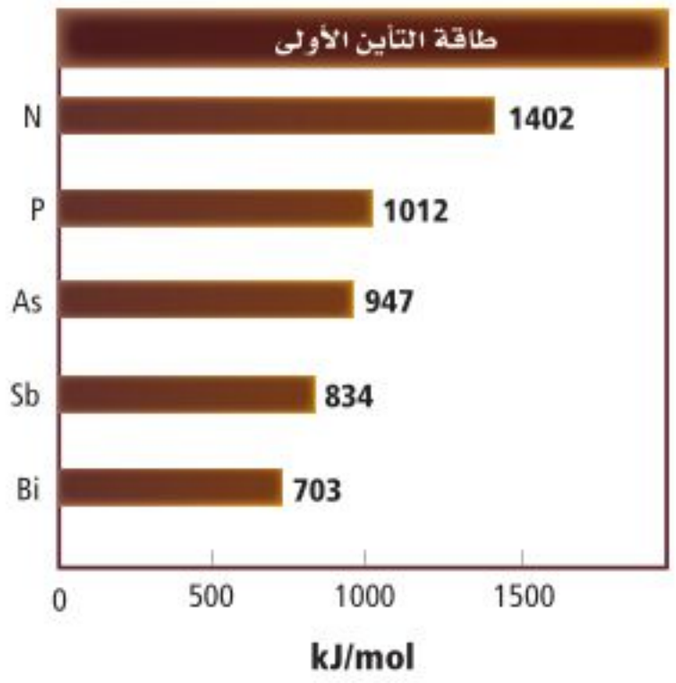


وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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 إلى المجال المغناطيسي، وهذا يدل على أن إلكتروناته جميعها مرتبطة.
- للنيتروجين عدد تأكسد يتراوح بين 3− و5+ .
- 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^{3-} 146	N	75
	P^{3-} 212	P	110
	As^{3-} 222	As	120
	Sb^{5+} 62	Sb	140
	Bi^{5+} 74	Bi	150



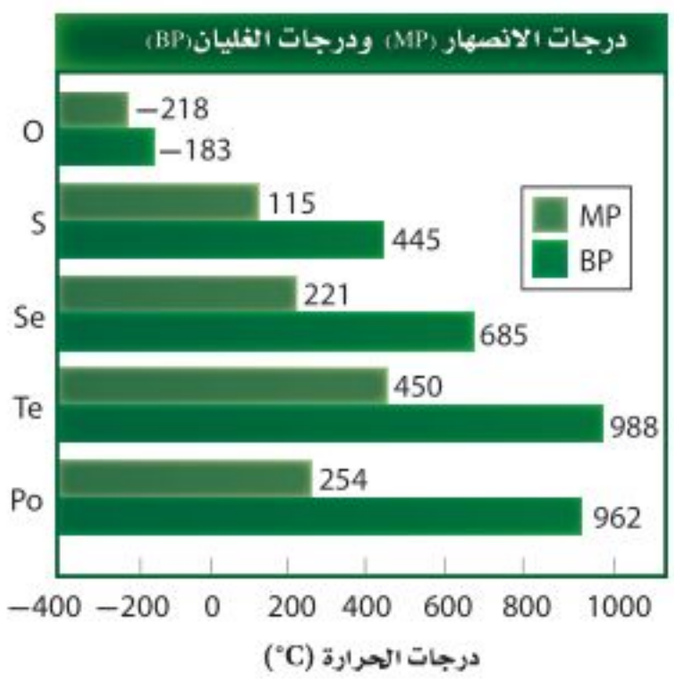
الاختبارات التحليلية

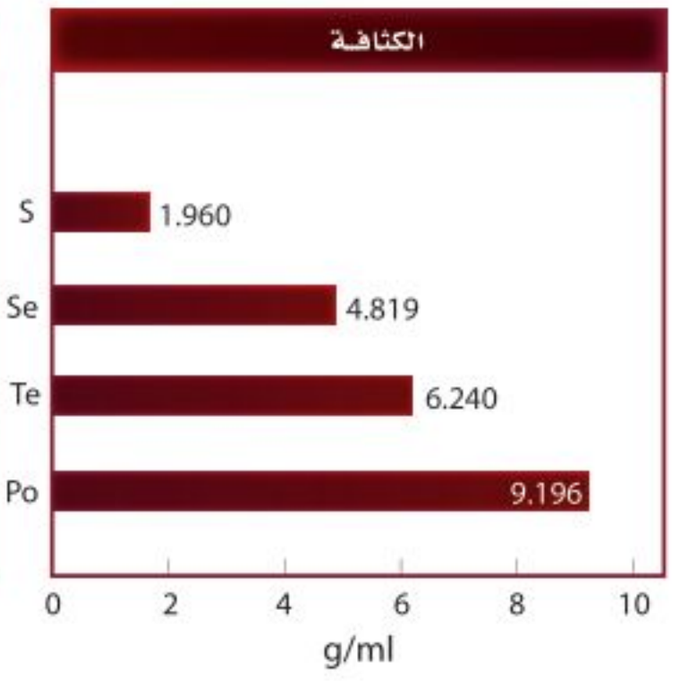
لا يمكن تعرُّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأن معظم هذه العناصر لافلزية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءًا أخضر خافتًا أو أزرق عند تعريضه للهب، والبزموث الذي يصدر ضوءًا أزرق مائلًا إلى البنفسجي.

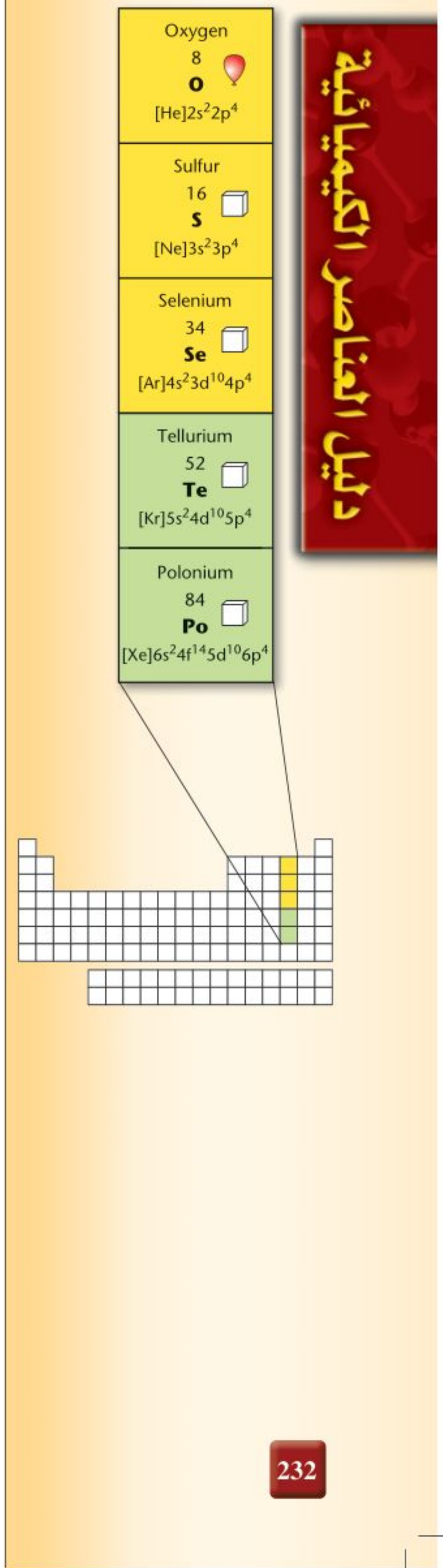
يمكن تعرُّف عناصر مجموعة النيتروجين من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهارودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلا يتكون راسب من أيونات البزموث عند إضافتها إلى هيدروكسيد القصدير وهيدروكسيد الصوديوم. ويمكن تعرُّف مركبات الأمونيوم التي تحتوي على النيتروجين من خلال الرائحة المميزة التي تصدر عند إضافتها إلى هيدروكسيد الصوديوم، ومن خلال تغير اللون الناتج لورقة نبات الشمس الحمراء الموضوعة على فوهة أنبوب الاختبار.

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.
- يعدُّ 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.





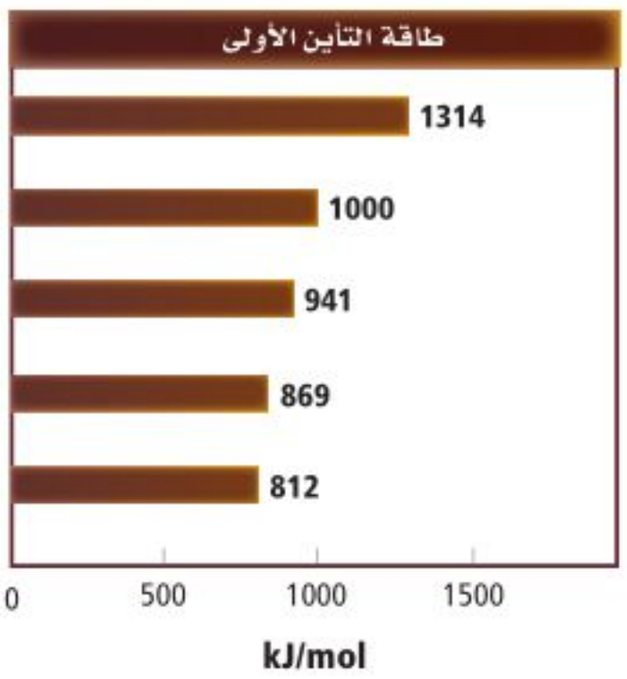


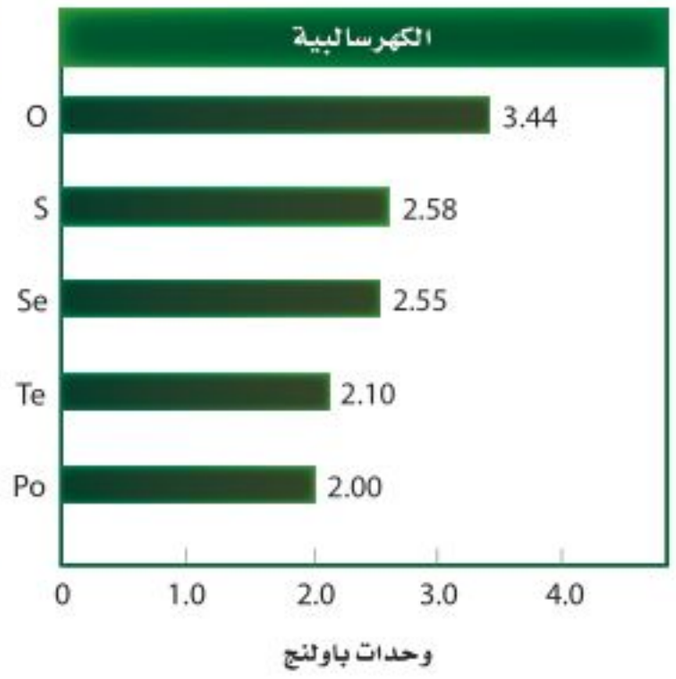
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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.

	نصف القطر الأيوني (pm)		نصف القطر الذري (pm)
O	O^{2-} 140		73
S	S^{2-} 184		103
Se	Se^{2-} 198		119
Te	Te^{2-} 221		142
Po			168





الاختبارات التحليلية

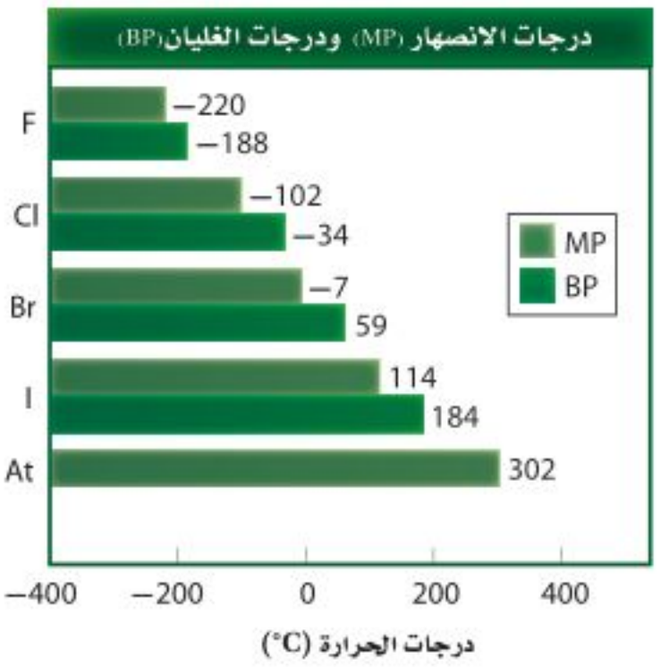
يمكن قياس نسبة وجود الأكسجين بطرائق عدة، وفي بيئات مختلفة؛ فمثلا يمكن لجهاز قياس ذائبية الأكسجين أن يقيس نسبة الأكسجين المذاب في عينة من الماء، حيث يستخدم هذا الجهاز التفاعلات الكهركيميائية التي تعمل على تحويل جزيئات الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد. ويقيس هذا الجهاز التيار الكهربائي الناتج خلال هذا التفاعل، فكلما كان تركيز الأكسجين أكبر كان التيار أكبر.

فحص ذائبية الأكسجين أحد تحاليل مراقبة جودة الماء.

المجموعة 17: مجموعة الهالوجينات Halogens Group

الخواص الفيزيائية

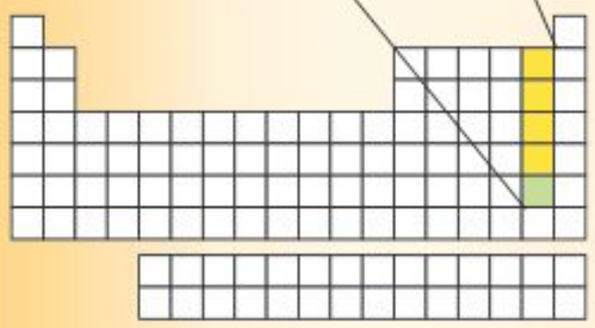
- عند درجة حـــرارة الغرفة يكون الفلور والكلور في الحالة الغازية. ويكون البروم – بالإضافة إلى الزئبق– سائلًا. أما اليود فمادة صلبة تتسامى بسهولة.
- الفلـــور غاز أصفر باهت. والكلور غاز أصفر مائـــل إلى اللون الأخضر. أما البروم فسائل أحمر مائل إلى البني، بينما اليود صلب، لونه أزرق غامق.
- تزداد درجة غليان ودرجة انصهار عناصر المجموعة 17 كلما زاد العدد الذري.



عند درجـــة حرارة الغرفة يتســـامى اليـــود، وتظهر بلوراتـــه بلون أزرق غامق، وتتصاعد أبخرة بنفسجية.

جدول العناصر الكيميائية

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** $[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^5$	

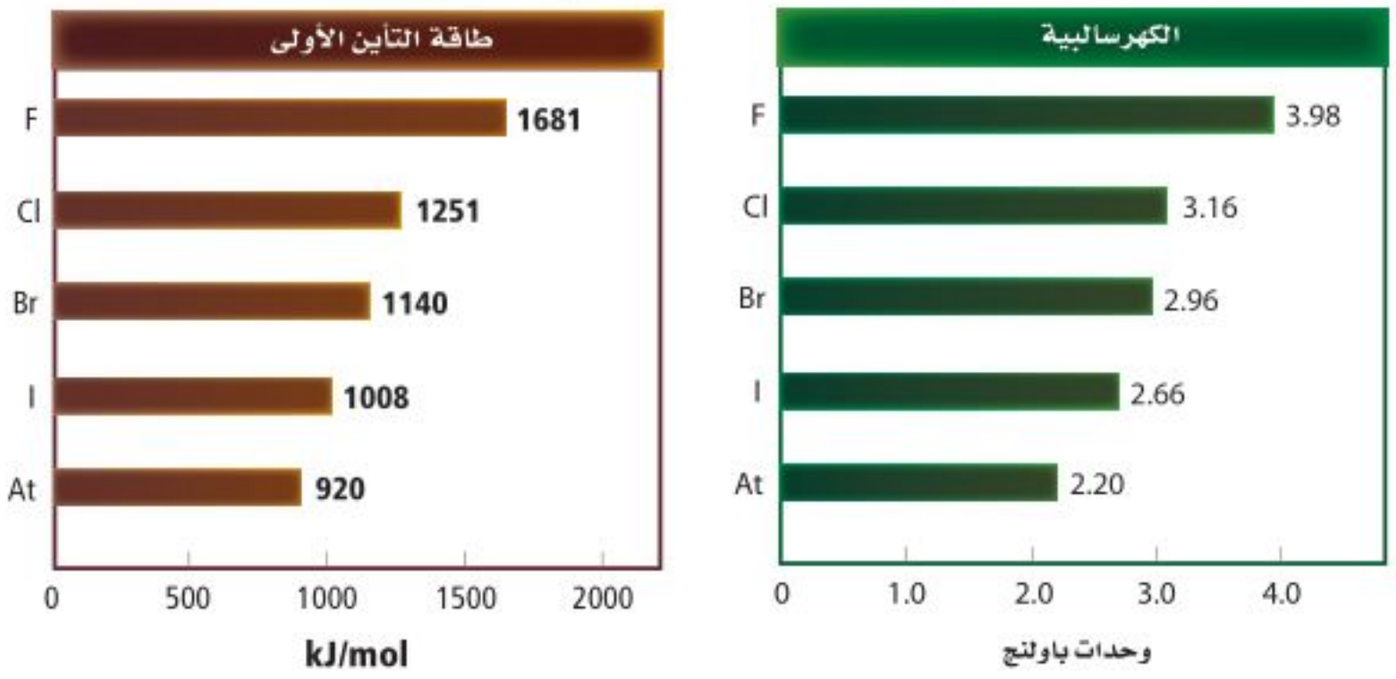


وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخواص الذرية

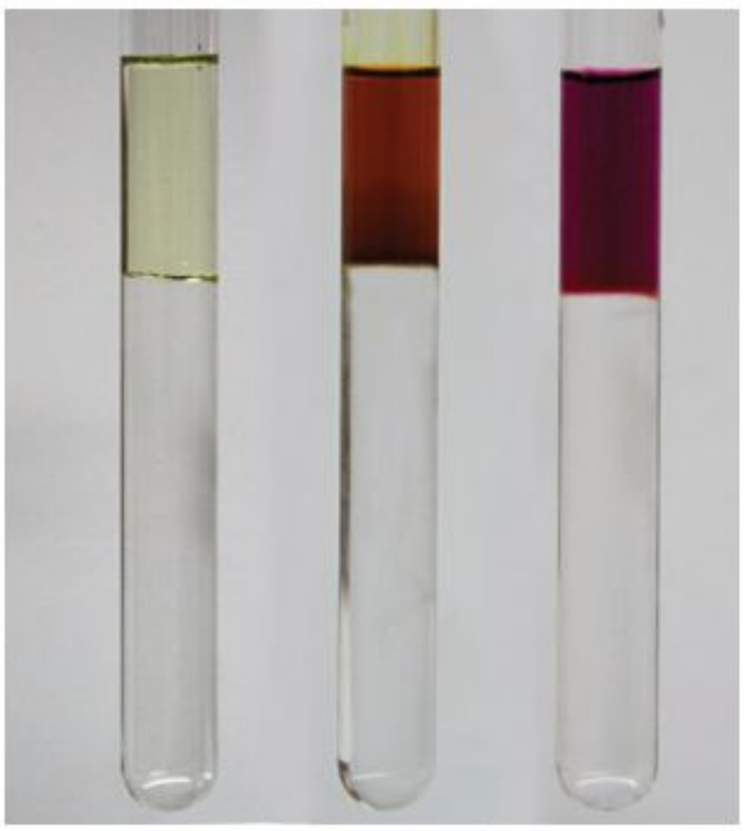
- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\ np^5$.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعدّ الفلور العنصر الأكثر كهرسالبية في الجدول الدوري. لذلك لديه ميل أكبر لجذب الإلكترونات.
- الأستاتين عنصر مشع، ولكن استخداماته غير معروفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

	نصف القطر الأيوني (pm)		نصف القطر الذري (pm)
F	F^{1-} 133		72
Cl	Cl^{1-} 181		100
Br	Br^{1-} 195		114
I	I^{1-} 220		133



الاختبارات التحليلية

يمكن تعرُّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم و اليود مع نترات الفضة ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكلوريد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حليبي اللون ، أما يوديد الفضة فراسب 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.

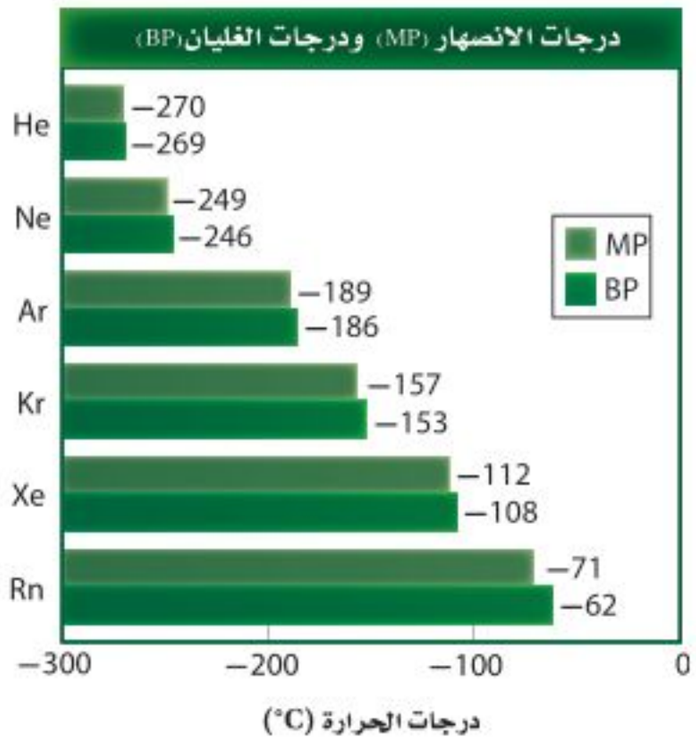


تذوب الهالوجينات قليلًا في الماء (لاحظ الطبقة السفلى). ولكن في الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، يذوب كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي) واليود (البنفسجي).

المجموعة 18: مجموعة الغازات النبيلة Noble Gases

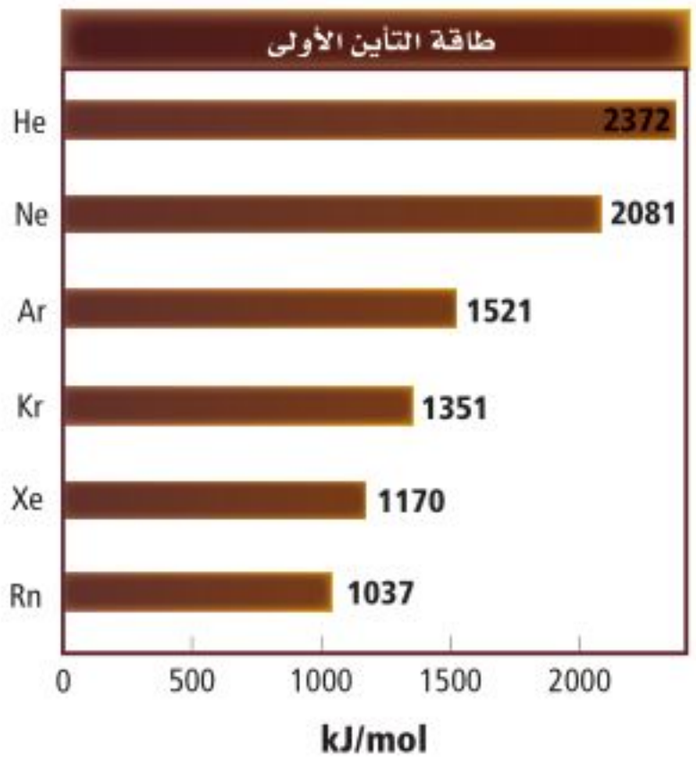
الخواص الفيزيائية

- تمتاز عناصر المجموعة 18 بأنها غازات عديمة اللون والرائحة.
- جميعها لافلزات.
- تزداد درجتا الغليان والانصهار لعناصر المجموعة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تبقى أقل من باقي عناصر الجدول الدوري.



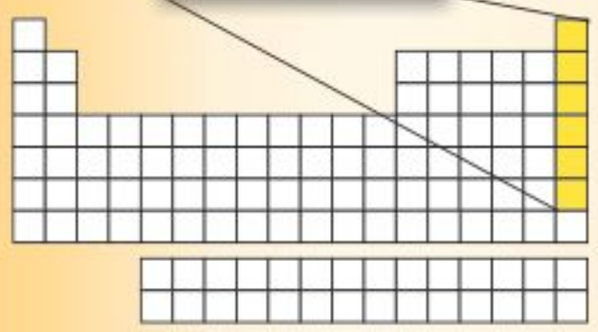
الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 18 ثمانية إلكترونات تكافؤ في مجاله الأخير. وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\ np^6$ ما عدا الهيليوم، الذي له إلكترونان فقط.
- جميع عناصر الغازات النبيلة وحيدة الذرة، وتوجد في صورة غير مرتبطة.
- للغازات النبيلة طاقات تأين أولى أكبر من عناصر الجدول الدوري جميعها.



العناصر الكيميائية

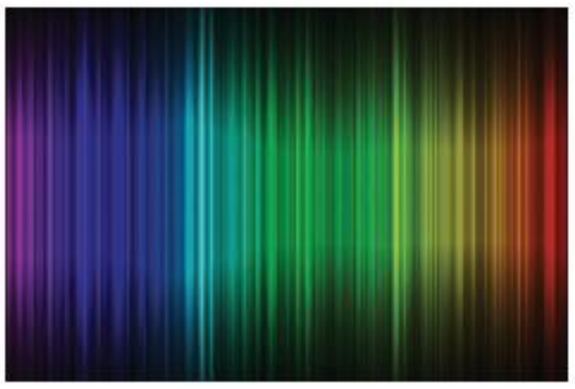
Helium	Neon	Argon	
2	10	18	
He	**Ne**	**Ar**	
$1s^2$	$[He]2s^2 2p^6$	$[Ne]3s^2 3p^6$	
Krypton	Xenon	Radon	
36	54	86	
Kr	**Xe**	**Rn**	
$[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^6$	$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^6$	$[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$	



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

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.

المصطلحات

(أ)

أشباه الفلزات Metalloids العناصر التي لها الخواص الفيزيائية والكيميائية لكل من الفلزات واللافلزات.

الإشعاع الكهرومغناطيسي Electromagnetic Radiation هو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

إلكتروليت Electrolyte المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons الإلكترونات في مجال الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons الإلكترونات التي تكوّن الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجذبة نحو ذرة بعينها.

الأنيون Anion الأيون الذي له شحنة سالبة.

الأيون Ion ذرة أو مجموعة ذرات مترابطة لها شحنة موجبة أو سالبة.

الأيونات الأحادية الذرة Monatomic Ions الأيونات التي تتكون من ذرة واحدة فقط.

الأيون العديد الذرات Polyatomic Ion الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر ويسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

أيون أكسجيني سالب أيون عديد الذرات، يتكون غالبًا من لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين.

(ت)

التأثير الكهروضوئي Photoelectric effect يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

التركيب النسبي المئوي Percent Composition النسبة المئوية الكتلية لكل عنصر في المركب.

التردد Frequency عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية.

تدرج خواص العناصر Periodic Law 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 للطاقة Exothermic التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الماص للطاقة Endothermic 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.

التهجين Hybridization الطريقة التي يتم فيها خلط المجالات الفرعية لتكوين مجالات جديدة مهجنة ومتماثلة.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration ترتيب الإلكترونـات في الذرة وفقًا لثلاث قواعد، هي مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.

(ث)

ثابت بلانك Planck's constant يساوي $6.626 \times 10^{-34} J.s$

(ج)

الجزيء Molecule أصغر جزء في المركب يحمل صفاته.

(ح)

حالـة الاسـتقرار Ground State حالـة الـذرة في أدنى مجال للطاقة.

حالة الإثـارة Excited State عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة، تصبح في حالة إثارة.

الحسابات الكيميائية Stoichiometry دراسة العلاقات الكميـة بين كميات المـواد المتفاعلة والمـواد الناتجة في التفاعلات الكيميائية وذلك إعتمادا على قانون حفظ الكتلة.

الحمض الأكسـجيني Oxyacid أي حمـض يتكون من الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

(د)

الـدورات Periods الصفـوف الأفقية في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

(ر)

الرابطـة الأيونية Ionic Bond الرابطة التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

رابطـة بـاي π Bond الرابطـة المتكونـة مـن تداخل المجالات المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات.

الرابطـة التسـاهمية Covalent Bond الرابطـة التي تنتج عن التشارك بإلكترونات التكافؤ.

الرابطـة التسـاهمية التناسـقية Coordinate Covalent Bond الرابطة التساهمية التي تقدم فيها إحدى الذرات زوجًا مـن الإلكترونات لذرة أخرى أو أيون بحاجة إلى زوج الإلكترونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

الرابطـة التسـاهمية القطبيـة Polar Covalent Bond الرابطـة التـي تنشـأ عندمـا لا تكون المشـاركة بالإلكترونات متساوية.

رابطة سيجما Sigma Bond الرابطة التساهمية الأحادية الناتجة عن اشـتراك زوج من الإلكترونـات نتيجة التداخل المباشر لمجالات الذرات.

الرابطـة الفلزيـة Metallic Bond قـوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحركة.

الرابطـة الكيميائيـة Chemical Bond عبـارة عـن قوة تجاذب تنشـأ بيـن ذرتين أو أكثر من خـلال فقد الذرة للإلكترونات أو اكتسـابها أو المسـاهمة فيها بالاشتراك مع ذرة أو ذرات أخرى.

الرابطـة التسـاهمية غيـر القطبيـة Non-polar covalent Bond تنشـأ بين ذرتيـن متماثلتين يكون فرق الكهروسالبية لإلكترونات الرابطة صفرًا.

الرنيـن Resonance الحالة التي تحدث عند وجود أكثر من تركيب لويس واحد للمركب أو الأيون.

(س)

سرعة الموجة Wave speed المسافة التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها في الفراغ.

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.

سعة الموجة Amplitude مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل.

(ش)

الشبكة البلورية 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.

الإشعاع الكهرومغناطيسي شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء.

(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.

الطيف الكهرومغناطيسي سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط.

الطول الموجي Wavelength اقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين.

طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر.

(ع)

عدد التأكسد Oxidation Number الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

عدد الكم الرئيس Principal Quantum Number-n عدد يتم تعيينه في ضوء النموذج الكمي ليدل على الحجوم النسبية وطاقات المجالات.

العدد الكمي Quantum Number العدد المخصص لوصف الإلكترون في مجالات الطاقة الرئيسة.

العناصر الانتقالية Transition Elements العناصر التي توجد في المجموعات من 12 – 3 من الجدول الدوري، وتقسم إلى فلزات انتقالية، وفلزات انتقالية داخلية.

العناصر الممثلة Representative Elements العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1و2 و 18 – 13 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

(غ)

الغازات النبيلة Noble Gases عناصر المجموعة 18 الخاملة جدًّا.

(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 12 – 3، وتنتمي إلى الفئة d في الجدول الدوري، مع وجود بعض الاستثناءات التي تتعلق بامتلاء المجال s من مجال الطاقة n ، وامتلاء أو نصف امتلاء مجالات d من مجال الطاقة n–1 .

الفلزات الانتقالية الداخلية Inner Transition Metals العناصر الانتقالية التي تنتمي إلى الفئة f في الجدول الدوري، وتتميز بأن مجالات 4f ، و5f تكون ممتلئة او ممتلئة جزئيًّا.

الفلزات القلوية Alkali Metals عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائيًّا، وتوجد عادة متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

الفلزات القلوية الأرضية Alkaline Earth Metals عناصر المجموعة 2 في الجدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشطة كيميائيًّا.

الفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كمًّا من الطاقة.

(ق)

قاعدة الثمانية Octet Rule تنص على أن الذرات تسعى إلى اكتساب الإلكترونات أو خسارتها أو المشاركة بها؛ لكي تصل للتركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

قاعدة هوند Hund's Rule تنص على أن تعبئة الإلكترونات في المجالات المتساوية الطاقة يتم بشكل فردي قبل البدء بإضافة الإلكترون الثاني للمجال نفسه؛ إذ لا يمكن لإلكترونين لهما نفس اتجاه الحركة أن يشغلا المجال نفسه.

(ك)

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكهروسالبية Electronegativity خاصية تشير إلى قدرة ذرات العناصر على جذب الإلكترونات عند تكوين الرابطة الكيميائية.

الكم Quantum أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

(ل)

اللافلزات Nonmetals عناصر تكون عمومًا إما غازات أو مواد صلبة معتمة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(م)

المادة المتفاعلة الفائضة Excess Reactant المادة المتفاعلة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

المادة المحددة للتفاعل Limiting Reactant المادة المتفاعلة التي تستهلك تمامًا خلال التفاعل ومن ثم تحدد كمية النواتج.

مبدأ أوفباو Aufbau Principle ينص على أن كل إلكترون يسعى لأن يكون في المجال الأقل طاقة.

مبدأ باولي Pauli Exclusion Principle ينص على أن المجال لا يمكن أن يتسع 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.

مجال الطاقة الرئيس Principal Energy Level أحد مجالات الطاقة الرئيسة في الذرة.

مجال الطاقة الثانوي Energy Sublevel تكوِّن مجالات الطاقة الثانوية مجال الطاقة الرئيس.

المجال الفرعي Atomic Orbital منطقة ذات ثلاثة أبعاد، توجد حول نواة الذرة، وهي تصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترونات.

المجموعات Groups العناصر الموجودة في الأعمدة الرأسية في الجدول الدوري مرتبة حسب تزايد أعدادها الذرية.

المردود الفعلي Actual Yield مقياس كمية ناتج التفاعل.

المردود النظري Theoretical Yield القيمة القصوى لنواتج التفاعل.

المركبات الأيونية Ionic Compounds المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

المستوى يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون.

الملح المائي Hydrates مادة أيونية صلبة يرتبط بذراتها عدد محدد من جزيئات الماء.

(ن)

نسبة المردود المئوية Percent Yield النسبة بين الناتج الفعلي (من التجربة) والناتج النظري (من الحسابات الكيميائية) في صورة نسبة مئوية.

نموذج بحر الإلكترونات Electron Sea Model يقترح هذا النموذج تشارُك جميع الذرات في الفلز الصلب بإلكترونات التكافؤ مكونة بحرًا من الإلكترونات، وهي يفسِّر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model نموذج التنافر بين إلكترونات التكافؤ والذي يعتمد على ترتيب الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية.

النسبة المولية Molarity ratio نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة.

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 كونه فلزًّا أو شبه فلز أو لا فلز.

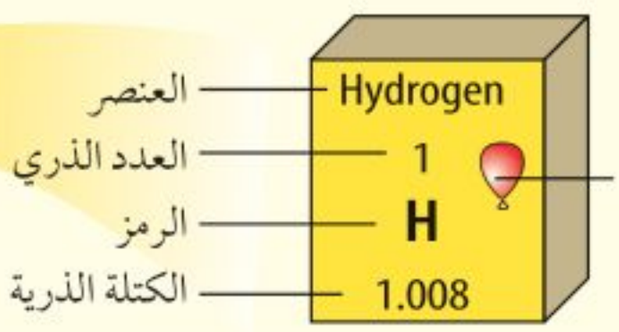
10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
Nickel 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 (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennessine 117 Ts 294.211	Oganesson 118 Og 294.214

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)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.



غاز
سائل
جامد
مُصنع

الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنعة.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Hydrogen 1 H 1.008								
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305							
4	Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
5	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.

سلسلة اللانثانيدات	Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
سلسلة الأكتنيدات	Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)

صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيرًا للمكان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الثاني

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 249

الفصل 1

حالات المادة 252

1–1 الغازات 254

1–2 قوى التجاذب 264

1–3 المواد السائلة والمواد الصلبة 269

1–4 تغيرات الحالة الفيزيائية 279

الكيمياء في واقع الحياة: كيمياء الكاكاو 285

الفصل 2

الطاقة والتغيرات الكيميائية 296

2–1 الطاقة 298

2–2 الحرارة 305

2–3 المعادلات الكيميائية الحرارية 311

2–4 حساب التغير في المحتوى الحراري 317

كيف تعمل الأشياء ؟ المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود 325

الفصل 3

سرعة التفاعلات الكيميائية 334

3–1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي 336

3–2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي 344

3–3 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي 349

الكيمياء والصحة: سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم .. 353

الفصل 4

الاتزان الكيميائي 362

4–1 حالة الاتزان الديناميكي 364

4–2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي 377

4–3 استعمال ثوابت الاتزان 384

الكيمياء والصحة: ارتفاع الهيموجلوبين إلى مستوى التحدي 395

الملاحق

المصطلحات 404

جداول مرجعية 409

الجدول الدوري للعناصر 410

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتـــاب ليس كتابًا أدبيًّا أو رواية خيالية، بل يصف ظواهر ونظريات وقوانيـــن وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

قبـــل أن تقـــرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة والتجربة الاســـتهلالية ؛ فهي تـــزودك بنظرة عامـــة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصـــل فكرة عامة تقدم صورة شـــاملة عنه. ولكل قســـم من أقســـام الفصل فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

الفصل 1
حالات المادة
States of Matter

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسة تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسة تحدّد القوى بين الجزيئات ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية، حالةَ المادة عند درجة حرارة معينة.

1-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسة لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

1-4 تغيرات الحالة الفيزيائية

الفكرة الرئيسة تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

حقائق كيميائية

- يحتوي مقياس اليود للحرارة على عدة جرامات من اليود داخل كرة محكمة الإغلاق.
- عندما ترتفع درجة حرارة الجو يتحوّل اليود مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.
- كلما ارتفعت درجة الحرارة أصبح اللون البنفسجي داكنًا أكثر.

252

كرة زجاجية مملوءة بالهواء

ماء مثلج في المنتصف

مقياس اليود للحرارة

يبدأ كل فصل بتجربة اســـتهلالية تقـــدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة الاستهلالية، لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تؤثر السوائل المختلفة في سرعة كرة تتحرك فيها؟

تختلف السوائل في خواصها الفيزيائية؛ من حيث اللون والكثافة وسرعة الانسياب وغيرها. فمثلًا عصير الشمش، والعسل، وبعض الزيوت تتميز بأنها سوائل ثقيلة؛ إذ لا تنساب بسهولة مقارنة بالماء.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. املأ خبارًا مدرّجًا بـ 100 mL من الماء.
3. ثبت بمساعدة زميلك مسطرة رأسيًا إزاء المخبار، ثم أسقط كرة زجاجية صغيرة (أو أي جسم كروي صغير) من النقطة المحدّدة على المسطرة فوق سطح الماء. استعن بساعة الإيقاف لحساب الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى قاع المخبار. سجل هذا الزمن في جدول البيانات.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 مرتين لحساب متوسط الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى القاع.
5. كرّر الخطوات السابقة باستخدام سوائل مختلفة، مثل زيت الطعام.

التحليل

1. قارن بين متوسط زمن سقوط الكرة في السائلين.
2. استنتج العلاقة بين الزمن الذي سجلته في كل مرة، وبين مدى انسيابية السائل في أثناء سكبه.

استقصاء كيف تؤثر درجة حرارة السائل في سرعة الكرة المتحركة فيه؟ كوّن فرضية، ثم صمم تجربة للتحقق من فرضيتك.

المطويات منظمات الأفكار

حالات المادة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تلخيص المعلومات عن حالات المادة الثلاث.

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

خطوة 2 اطو الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.

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

خطوة 4 سمِّ الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: غازية، سائلة، صلبة.

حالات المادة
غازية | سائلة | صلبة

استخدم هذه المطوية في القسمين 1-1 و1-3، ولخص المعلومات عن حالات المادة الثلاث كلًّا منها تحت العنوان المناسب لها في أثناء قراءتك لهذين القسمين.

253

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفّح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عـــن المفردات البـــارزة والمظللـــة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باســـتخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمِّق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

1–1

الأهداف

- تستخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
- تصف تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق.
- توضح كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزئي له.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية: الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

نظرية الحركة الجزيئية
التصادم المرن
درجة الحرارة
الانتشار
قانون جراهام للتدفق
الضغط
البارومتر
المانومتر
باسكال
الضغط الجوي
قانون دالتون للضغوط الجزئية

الغازات Gases

الفكرة الرئيسة تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًا دائمة الحركة.

الربط مع الحياة إذا نِمتَ على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك شعرت بالدفء والراحة عندما استخدمت المرتبة التي اكتسبت خصائصها من خصائص جسيمات الهواء التي ضُغطت في داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic–Molecular Theory

لقد تعلمت سابقًا أن تركيب المادة (نوع الذرات المكونة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان الخصائص الكيميائية للمادة، كما أنهما يؤثران في خصائصها الفيزيائية أيضًا. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزئبق، كما هو موضّح في الشكل 1-1. وعلى النقيض من ذلك تبدي المواد التي تكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها. فلماذا توجد اختلافات يسيرة بين سلوك الغازات؟ ولماذا تختلف الخصائص الفيزيائية للغازات عن خصائص المواد السائلة والصلبة؟

لقد عرف العلماء مع بداية القرن الثامن عشر كيف يمكن جمع النواتج الغازية عن طريق إحلالها محل الماء، ولكنهم يستطيعون الآن مراقبة كل غاز، وقياس خصائصه على حدة. اقترح الكيميائيان بولتزمان وماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م –كل منهما على حدة – نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها التي اختبرها بولتزمان وماكسويل تتكون من جسيمات؛ حيث للأجسام المتحركة طاقة تسمى طاقة حركية. وتصف نظرية الحركة الجزيئية سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات حول حجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها.

الشكل 1-1 يمكن التمييز بين بعض المواد بمجرد النظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

254

› الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًّا إلى حل مسائل في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات. ‹

مثال 2-1

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوّنًا من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنيتروجين N_2 يساوي 0.97 atm، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علمًا بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.70 atm وللنيتروجين (0.12 atm).

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي لغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية.

المعطيات
$P_{N2} = 0.12\ atm$
$P_{CO2} = 0.70\ atm$
$P_{total} = 0.97\ atm$

المطلوب
$P_{O2} = ?\ atm$

2 حساب المطلوب

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية
$P_{total} = P_{N2} + P_{CO2} + P_{O_2}$

حل لإيجاد P_{O2}
$P_{O2} = P_{total} - P_{CO2} - P_{N2}$

عوّض بقيم الضغوط الجزئية $P_{N2} = 0.12\ atm$, $P_{CO2} = 0.70\ atm$, $P_{total} = 0.97\ atm$
$P_{O_2} = 0.97\ atm - 0.70\ atm - 0.12\ atm$
$P_{O_2} = 0.15\ atm$

3 تقويم الإجابة عند إضافة القيمة المحسوبة للضغط الجزئي للأكسجين إلى بقية الضغوط الجزئية يكون الناتج مساويًا للضغط الكلي وهو (0.97 atm).

مسائل تدريبية

4. **احسب** الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علمًا بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.
5. **أوجد** الضغط الكلي لخليط غاز مكوّن من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa
6. **أوجد** الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علمًا بأن ضغط الغازات الكلي يساوي 30.4 kPa والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5kPa و 3.7kPa
7. **تحفيز** الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النيتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين 21% وغاز الأرجون 1% (وهناك كميات ضئيلة من الغازات الأخرى). فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mmHg، فما الضغوط الجزئية لكل من النيتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟

262

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- اربط المعلومات التي درستها في هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع أحداثًا ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

الشكل 22-1 استخدم الناس قديمًا الزجاج غير المتبلور (الزجاج البركاني) لعمل رؤوس السهام والسكاكين؛ لأنه يكوّن حواف حادة عند كسره. يتكون الزجاج البركاني عندما تبرد الحمم البركانية بسرعة كبيرة.

المواد الصلبة غير المتبلورة يمكن تعريف **المواد الصلبة غير المتبلورة** بأنها المواد التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرّر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات. وتتكون هذه المواد عادة عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، بحيث لا تسمح للبلورات بالتكون. بين **الشكل 22-1** مواد صلبة غير متبلورة.

يمثل الزجاج والفحم والكثير من المواد البلاستيكية مواد صلبة غير متبلورة. وقد بيّنت بعض الدراسات الحديثة احتمال وجود تركيب بلّوري للزجاج، فعند استخدام انحراف أشعة X في دراسة الزجاج لم يظهر وجود نمط معين في توزيع الذرات، ولكن عند استخدام النيوترونات بدلاً من أشعة X أمكن تعرّف عدة أنماط منتظمة من وحدات السليكات في بعض المناطق. ويأمل الباحثون في استخدام هذه المعلومات للتحكم في تركيب الزجاج في التطبيقات البصرية وإنتاج الألياف البصرية.

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 3-1

الخلاصة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنّف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

18. **العلم والجمهور** **قارن** بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.
19. **صف** العوامل المؤثرة في اللزوجة.
20. **فسر** سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.
21. **قارن** بين وحدة البناء والشبكة البلورية.
22. **صف** الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.
23. **فسر** سبب تكوين سطح الماء بشكل هلالي في المخبار المدرج.
24. **استنتج** سبب تكون سطح الزئبق في المخبار المدرّج على صورة سطح محدب.
25. **توقع** أيّ المواد الصلبة تكون غير متبلورة: المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟
26. **صمم** من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبلَ أن يغرق. صمم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

278

يختتم كل قسم بتقويم يحتوي على خلاصة وأسئلة. الخلاصة تراجع المفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درسته.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

1-1 الغازات

العلم والجمهور تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًا دائمة الحركة.

المفردات
- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط
- البارومتر
- المانومتر
- باسكال
- الضغط الجوي
- قانون دالتون للضغوط الجزيئية

المفاهيم الرئيسة
- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزيئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل سرعة انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

1-2 قوى التجاذب

العلم والجمهور تحدّد القوى بين الجزيئات – ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية – حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات
- قوى التشتت
- القوى الثنائية القطبية
- الرابطة الهيدروجينية

المفاهيم الرئيسة
- القوى الجزيئية أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشتت قوى بين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

1-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

العلم والجمهور لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

المفردات
- اللزوجة
- التوتر السطحي
- عوامل خافضة للتوتر السطحي
- المادة الصلبة المتبلورة
- وحدة البناء
- التآصل
- المواد الصلبة غير المتبلورة

المفاهيم الرئيسة
- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد السائلة والصلبة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

287

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

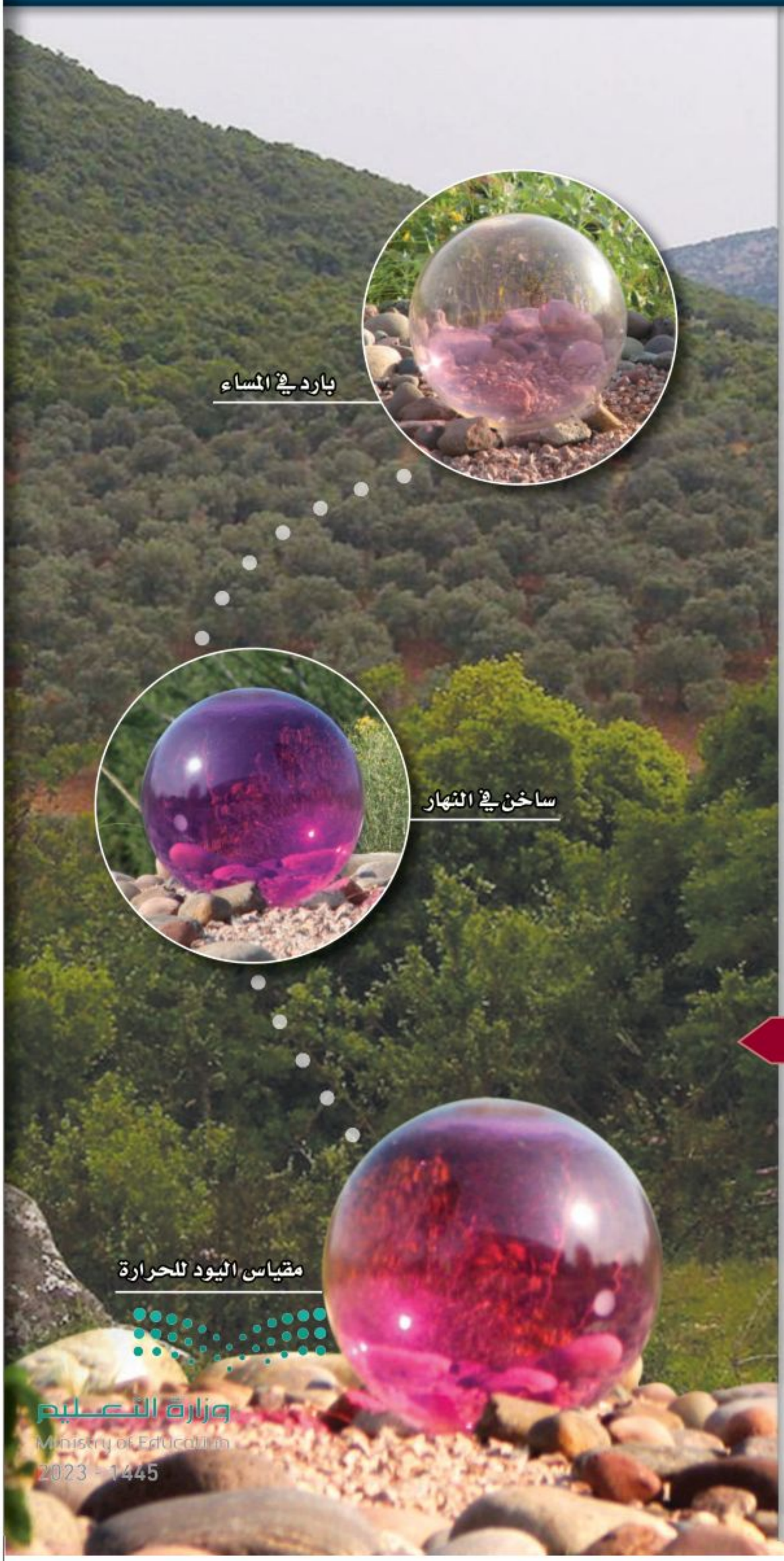
طرائق أخرى للمراجعة

- اكتب الفكرة العامة.
- اربط الفكرة الرئيسة مع الفكرة العامة
- استعمل كلماتك الخاصة لتوضح ما قرأت.
- وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

حالات المادة
States of Matter



الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسة تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسة تحدّد القوى بين الجزيئات ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية، حالةَ المادة عند درجة حرارة معينة.

1-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسة لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

1-4 تغيرات الحالة الفيزيائية

الفكرة الرئيسة تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

حقائق كيميائية

- يحتوي مقياس اليود للحرارة على عدة جرامات من اليود داخل كرة محكمة الإغلاق.
- عندما ترتفع درجة حرارة الجو يتحوّل اليود مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.
- كلما ارتفعت درجة الحرارة أصبح اللون البنفسجي داكنًا أكثر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تؤثر السوائل المختلفة في سرعة كرة تتحرك فيها؟

تختلف السوائل في خواصها الفيزيائية؛ من حيث اللون والكثافة وسرعة الانسياب وغيرها. فمثلاً عصير المشمش، والعسل، وبعض الزيوت تتميز بأنها سوائل ثقيلة؛ إذ لا تنساب بسهولة مقارنة بالماء.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. املأ مخبارًا مدرّجًا بـ **100 mL** من الماء.
3. ثبت بمساعدة زميلك مسطرة رأسيًا إزاء المخبار، ثم أسقط **كرة زجاجية صغيرة** (أو أي جسم كروي صغير) من النقطة المحدّدة على المسطرة فوق سطح الماء. استعن **بساعة الإيقاف** لحساب الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى قاع المخبار. سجل هذا الزمن في جدول البيانات.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 مرتين لحساب متوسط الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى القاع.
5. كرّر الخطوات السابقة باستخدام سوائل مختلفة، مثل زيت الطعام.

التحليل

1. **قارن** بين متوسط زمن سقوط الكرة في السائلين.
2. **استنتج** العلاقة بين الزمن الذي سجلته في كل مرة، وبين مدى انسيابية السائل في أثناء سكبه.

استقصاء كيف تؤثر درجة حرارة السائل في سرعة الكرة المتحركة فيه؟ كوّن فرضية، ثمّ صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

المطويات
منظمات الأفكار

حالات المادة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تلخيص المعلومات عن حالات المادة الثلاث.

خطوة 1 اثنِ ورقة عند منتصفها طوليًّا، على أن 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 أجزاء.

خطوة 4 سمِّ الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: غازية، سائلة، صلبة.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسمين 1–1 و1–3**، ولخص المعلومات عن حالات المادة الثلاث كلًّا منها تحت العنوان المناسب لها في أثناء قراءتك لهذين القسمين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1-1

الأهداف

- **تستخدم** نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
- **تصف** تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق.
- **توضح** كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزئي له.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية: الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

نظرية الحركة الجزيئية
التصادم المرن
درجة الحرارة
الانتشار
قانون جراهام للتدفق
الضغط
البارومتر
المانومتر
باسكال
الضغط الجوي
قانون دالتون للضغوط الجزئية

الغازات Gases

الفكرة الرئيسة **تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكوَّن من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.**

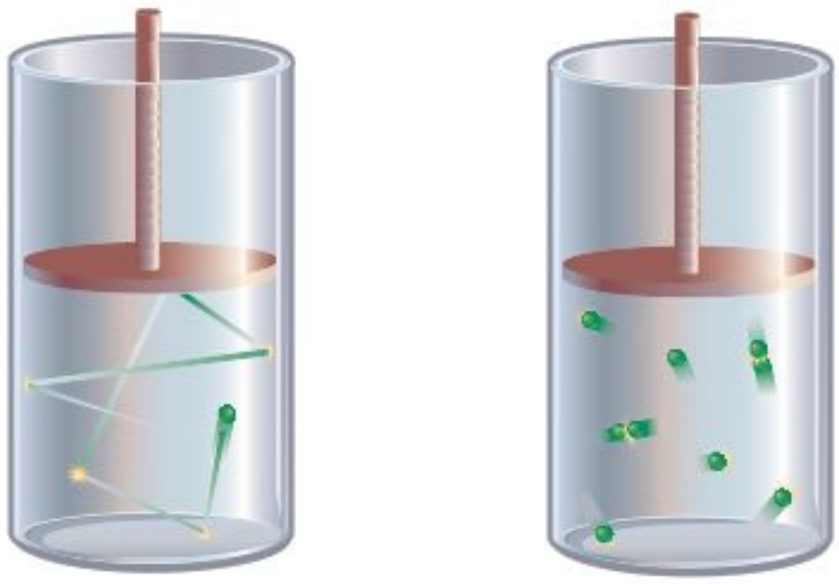
الربط مع الحياة إذا نِمتَ على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك شعرت بالدفء والراحة عندما استخدمت المرتبة التي اكتسبت خصائصها من خصائص جسيمات الهواء التي ضُغطت في داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic–Molecular Theory

لقد تعلمت سابقًا أن تركيب المادة (نوع الذرات المكونة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان الخصائص الكيميائية للمادة، كما أنهما يؤثران في خصائصها الفيزيائية أيضًا. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزئبق، كما هو موضّح في **الشكل 1-1**. وعلى النقيض من ذلك تبدي المواد التي تكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها. فلماذا توجد اختلافات يسيرة بين سلوك الغازات؟ ولماذا تختلف الخصائص الفيزيائية للغازات عن خصائص المواد السائلة والصلبة؟

لقد عرف العلماء مع بداية القرن الثامن عشر كيف يمكن جمع النواتج الغازية عن طريق إحلالها محل الماء، ولكنهم يستطيعون الآن مراقبة كل غاز، وقياس خصائصه على حدة. اقترح الكيميائيان بولتزمان وماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م –كل منهما على حدة – نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها التي اختبرها بولتزمان وماكسويل تتكون من جسيمات؛ حيث للأجسام المتحركة طاقة تسمى طاقة حركية. وتصف **نظرية الحركة الجزيئية** سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات حول حجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها.

الشكل 1-1 يمكن التمييز بين بعض المواد بمجرد النظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.



الشكل 2-1 تنتقل الطاقة الحركية بين جسيمات الغاز في أثناء التصادم المرن فيما بينها.

فسّر الأثر الذي تحدثه جسيمات الغاز بعضها في بعض بفعل التصادمات، وماذا يحدث للجسيمات بعد هذه التصادمات؟

حجم الجسيمات تتكون الغازات من جسيمات ذات حجوم صغيرة جدًّا مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها.

حركة الجسيمات إنّ حركة جسيمات الغاز مستمرة وعشوائية، وتتحرك في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، كما يبين **الشكل 2-1**. وتعد التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة. وفي **التصادم المرن** لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

طاقة الجسيمات ينتج عن حركة الجسيمات طاقة حركية يحددها عاملان هما: كتلة الجسيم، وسرعته. ويمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم بالعلاقة الآتية:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث: KE = الطاقة الحركية، m = كتلة الجسيم، v = سرعة الجسيم المتجهة.

نجد أن جسيمات عينة من غاز ما لها الكتلة نفسها، إلاّ أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك تختلف كمية الطاقة الحركية لها. ولذا تستخدم **درجة الحرارة** مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة.

تفسير سلوك الغازات Explaining the Behavior of Gases

تساعد نظرية الحركة الجزيئية على تفسير سلوك الغازات؛ إذ تسمح حركة الجسيمات الدائمة مثلاً للغاز أن يتمدد حتى يملأ الوعاء الموجود فيه تمامًا، كما يحدث عند ملء كرة بالهواء، أو عند نفخ بالون بالهواء، حيث تنتشر جسيمات الغاز، وتتوزع لتملأ الوعاء كله.

كثافة منخفضة تذكر أن الكثافة هي كتلة الجسم في وحدة الحجم، وأن كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 20°C تساوي (2.95×10^{-3} g/mL)، وكثافة الذهب الصلب تساوي (19.3 g/mL). لذا فإن كثافة الذهب تزيد على كثافة الكلور 6500 مرة تقريبًا. ولا يعود هذا الفرق الكبير بين الكثافتين إلى الاختلاف بين كتلة ذرات الذهب وجسيمات الكلور فقط، بل على وجود فراغ كبير بين جسيمات الغاز أيضًا، لذلك يكون عدد جسيمات الكلور أقل من عدد ذرات الذهب في الحجم نفسه كما تنص على ذلك نظرية الحركة الجزيئية.

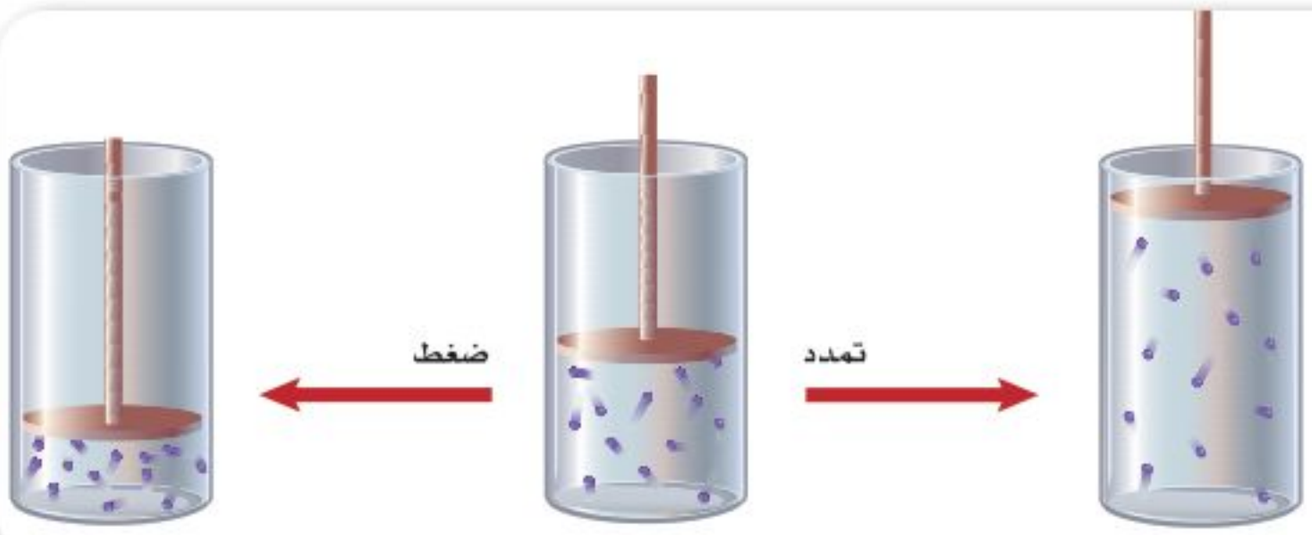
المفردات

أصل الكلمة

غاز/ (Gas)

يأتي أصلها من الكلمة اللاتينية chaos، ومعناها فراغ.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 3-1 إن تمدّد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.

اربط بين التغير في حجم الغاز وكثافة جسيماته في كل أسطوانة.

الانضغاط والتمدد إذا عصرت وسادة من البولستيرين بالضغط عليها فإن حجمها يقل؛ وذلك لأنّ المسافة بين الجزيئات كبيرة جدًا، فعند الضغط تبدأ الجزيئات بالتقارب، وبالتالي يقل الحجم، وعند التوقف عن الضغط وبفعل الحركة السريعة والعشوائية للجزيئات فإنها تتباعد بعضها عن بعض، وتزداد المسافات وتعود إلى وضعها الأصلي. ويوضح **الشكل 3-1** ما يحدث لكثافة الغاز الموجود في وعاء في أثناء انضغاطه وتمدده.

الانتشار والتدفق وفقًا لنظرية الحركة الجزيئية، ونظرًا لأن المسافة كبيرة بين الجزيئات، فإن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز تكاد تكون منعدمة. ولهذا تنتشر هذه الجسيمات بسهولة، و يكون المكان الذي ينتشر فيه الغاز في كثير من الأحيان مشغولاً بغاز آخر، وتتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغازات باختلاط بعضها ببعض، حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساويًا.

يصف **الانتشار** حركة تداخل المواد معًا، وقد يكون هذا المصطلح حديثًا، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيه في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عال (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي أرجاء المنزل).

أما التدفق فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير. فما الذي يحدث مثلًا عند ثقب إطار سيارة أو بالون؟ قام توماس جراهام في عام 1846م بإجراء تجربة لقياس معدل سرعة تدفق غازات مختلفة عند درجة الحرارة نفسها، وقد صمم تجربته بحيث تتدفق الغازات إلى مكان لا توجد فيه مادة. وقد اكتشف وجود علاقة عكسية بين معدل سرعة التدفق والكتلة المولية للغاز.

قانون جراهام للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

قانون جراهام:

معدل التدفق $\alpha \frac{1}{\sqrt{\text{الكتلة المولية}}}$

يتناسب معدل انتشار أو تدفق الغاز عكسيًّا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية له.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تعتمد سرعة الانتشـــار بالدرجة الأولى على كتلة الجســـيمات؛ حيث تنتشر الجسيمات الخفيفة أسرع من الثقيلة. ويمكن وصف متوســـط الطاقة الحركية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفســـها بالمعادلة $KE = ½\ mv^2$. ومع ذلك فإن كتلة جســـيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. وحتى يكون للجسيمات الخفيفة متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الثقيلة لا بد أن يكون نفس متوسط سرعاتها المتجهة أكبر.

وينطبق قانون جراهام أيضًا على معدل سرعة الانتشـــار، وهذا منطقي؛ إذ تنتشر الجسيمات الثقيلة أبطأ من الجسيمات الخفيفة عند درجة الحرارة نفســـها. يمكنك باستخدام قانون جراهام كتابة نسبة رياضية للمقارنة بين معدل انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

ماذا قرأت؟ **وضح** لماذا يعتمد معدل الانتشار على كتلة الجسيمات؟

مثال 1-1

قانون جراهام إذا كانت الكتلة المولية للأمونيا هي 17.0 g /mol والكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين هي 36.5 g /mol، فاحسب نسبة معدل انتشارهما.

1 تحليل المســألة المعطيات هي الكتل المولية لكل من الأمونيا وكلوريد الهيدروجين. ولإيجاد نســـبة معدل انتشـــارهما استخدم معادلة قانون جراهام للتدفق.

المعطيات

الكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين 36.5 g /mol HCl

الكتلة المولية للأمونيا NH_3 = 17.0 g /mol

المطلوب

نسبة معدل الانتشار = ؟

2 حساب المطلوب

اكتب نص النسبة المشتق من قانون جراهام

$$\frac{\text{معدل انتشار } NH_3}{\text{معدل انتشار HCl}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ HCl}}{\text{الكتلة المولية لـ } NH_3}}$$

عوّض عن الكتلة المولية لحمض

$$\text{HCl} = 36.5\ \text{g/mol}$$

والكتلة المولية لـ NH_3 = 17.0 g/mol

$$= \sqrt{\frac{36.5\ \text{g/mol}}{17.0\ \text{g/mol}}} = 1.47$$

نسبة معدل الانتشار = 1.47

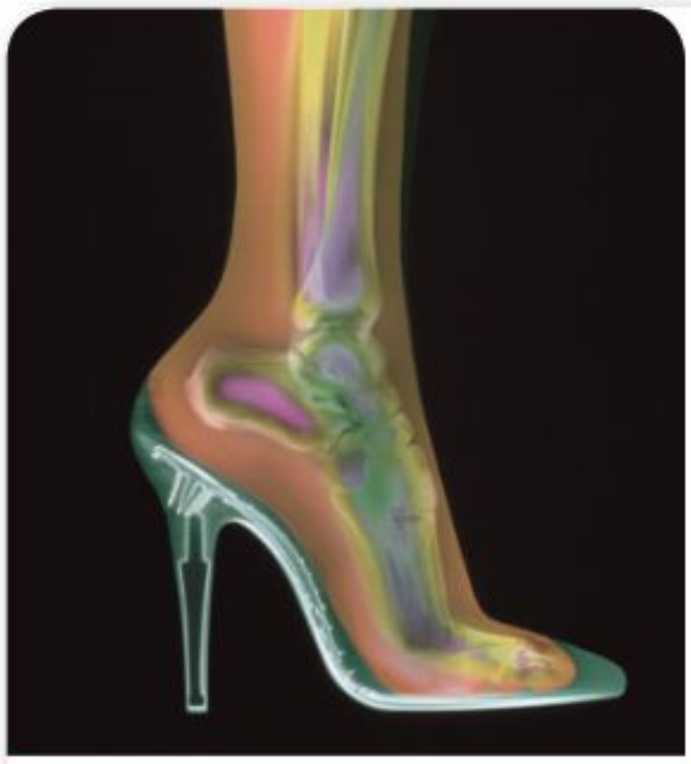
3 تقويم الإجابة

إن النسبة التقريبية 1.5 منطقية؛ حيث إن كتلة الأمونيا هي نصف كتلة كلوريد الهيدروجين. كما أن قيم الكتل المولية تحتوي على ثلاثة أرقـــام معنوية، وكذلك الإجابة. لاحظ أن وحدات القياس قد ألغى بعضهـــا بعضًا. وتكتب الإجابة في صورة صحيحة دون أي وحدة قياس.

مسائل تدريبية

1. احسب نسبة معدل التدفق لكل من النيتروجين N_2 والنيون Ne.
2. احسب نسبة معدل الانتشار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
3. **تحفيز** ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol /min ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



قوة كبيرة على وحدة المساحة

قوة صغيرة على وحدة المساحة

الشكل 4-1 لأن العلاقة عكسية بين الضغط والمساحة، فإن الأحذية ذات الكعب العالي تعمل على زيادة الضغط الواقع على السطح؛ لأن مساحة الكعب الملامسة للأرض صغيرة، بينما تتوزع قوة الضغط في الأحذية ذات النعل المسطح على مساحة أكبر.

استنتج الموقع الذي يكون فيه الضغط أكبر ما يمكن بين الأرض والحذاء ذي الكعب العالي.

ضغط الغاز Gas Pressure

هل سبق أن شاهدت شخصًا يحاول المشي على الثلج أو الوحل أو على الأسفلت الساخن وهو ينتعل حذاءً له كعب عالٍ؟ من المحتمل أن تكون قد لاحظت غوص الكعب العالي في تلك السطوح اللينة. يوضح **الشكل 4-1** سبب غوص قدم من ينتعل كعبًا عاليًا، بينما لا يكون الأمر كذلك لمن ينتعل نعلًا مسطحًا. وفي كلتا الحالتين يعتمد تأثير القوة الضاغطة على السطح اللين في كلتا الحالتين على كتلة الشخص؛ حيث تتوزع القوة الضاغطة على مساحة كبيرة في حالة انتعال حذاء مسطح النعل. ويعرف **الضغط** بأنه القوة الواقعة على وحدة المساحة. ولذلك يكون الضغط الواقع من الحذاء المسطح النعل على السطوح اللينة أقل من ضغط الحذاء ذي الكعب العالي.

تبذل جسيمات الغاز ضغطًا عندما تصطدم بجدران الوعاء المحصورة فيه. ولأن كتلة جسيم الغاز صغيرة فإن الضغط الذي تبذله هذه الكتلة صغير أيضًا. وعلى أي حال فإن الوعاء الذي سعته لتر يمكن أن يستوعب 10^{22} من جسيمات الغاز. وبهذا العدد من الجسيمات المحصورة معًا داخل الوعاء يكون الضغط الناشئ عن اصطدامها بالجدران كبيرًا.

ضغط الهواء يحيط بالكرة الأرضية طبقة الغلاف الجوي التي تمتد مئات الكيلومترات نحو الفضاء. ولما كانت جسيمات الهواء تتحرك في كل اتجاه فإنها تبذل ضغطًا في كل الاتجاهات، وهو ما يعرف بالضغط الجوي أو ضغط الهواء. ويتفاوت هذا الضغط من مكان إلى آخر فوق سطح الأرض. ولأن تأثير الجاذبية في سطح الأرض كبير فإن جسيمات الهواء تكون كثيرة وقريبة من سطح الأرض، بينما تقل كلّما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل، فيسبّب ضغطًا أقل من ضغط الأماكن المنخفضة، حيث يكون تركيز جسيمات الهواء فيها أكبر. ولذلك فإن ضغط الهواء في الأماكن المرتفعة أقل مما هو عند مستوى سطح البحر. ويبلغ الضغط الجوي عند سطح البحر كيلوجرامًا لكل سنتمتر مربع تقريبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

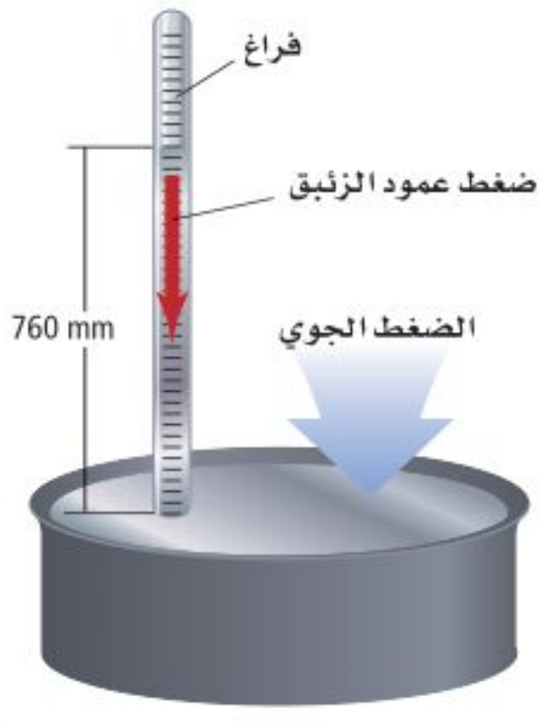
قياس الضغط الجوي لقد كان عالم الفيزياء الإيطالي تورشلي (1608–1647م) أول من أثبت وجود ضغـــط للهواء؛ فقد لاحظ أن مضخة الماء لا يمكنها أن تضخ الماء إلى ارتفاع يتجاوز عشرة أمتار. وقد افترض أن ارتفاع الســائل في أنبوب يختلف باختلاف كثافته. ولاختبار هذه الفرضية صمّم تورشلي جهازًا، كما هو موضح في **الشكل 5-1**، حيث ملأ أنبوبًا زجاجيًّا رفيعًا مغلقًا من أحد طرفيه بالزئبق، وأغلق الطرف المفتوح بإبهامه لكيلا يسمح للهواء بالدخول، ثم نكّس الأنبوب فوق حوض مملوء بالزئبق، ولاحظ انخفاض عمود الزئبق في الأنبوب 76 cm تقريبًا. وهذا يؤيد فرضية تورشلي؛ لأن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء أربع عشرة مرة تقريبًا، وبناءً على تجربة تورشـــلي يعرّف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الزئبق طوله 76cm .

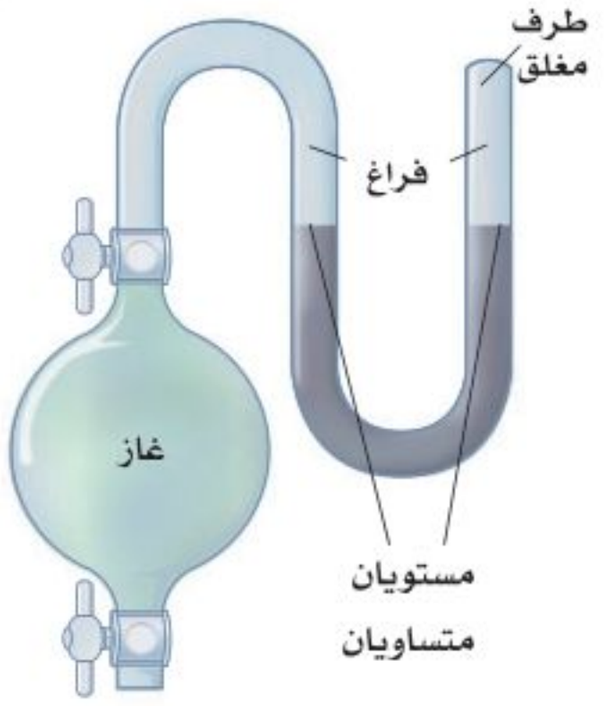
البارومـتر يدعى الجهاز الذي صمّمه تورشـــلي **البارومتر**، وهو أداة تستخدم لقياس الضغط الجوي. وكما أوضح تورشـــلي، فإن ارتفاع مستوى الزئبق في البارومتر عند سطح البحر يســـاوي 760 mm تقريبًا. ويحدّد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهمـــا الجاذبية الأرضية المؤثـــرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أســـفل، والأخرى القوة المعارضة للجاذبية، واتجاههـــا إلى أعلى، وتكون بفعل الهواء الضاغط على سطح الزئبق إلى أسفل. ويتغير ضغط الهواء بتغير درجة حرارة ورطوبة الجو.

المانومتر أداة تســـتخدم لقياس ضغط الغاز المحصور، ويتكون من دورق متصل بأنبوب على شكل U مملوء بالزئبق، كما هو موضح في **الشكل 6-1**. وعند فتح الصمام الفاصل بين الدورق والأنبوب تنتشر جسيمات الغاز من الدورق إلى الأنبوب، وتعمل الجسيمات المتدفقة على دفع الزئبق إلى أسفل الأنبوب. ويتم إيجاد ضغط الغاز في الدورق عن طريق حســـاب الفرق في ارتفاع مستوى الزئبق في طرفي الأنبوب.

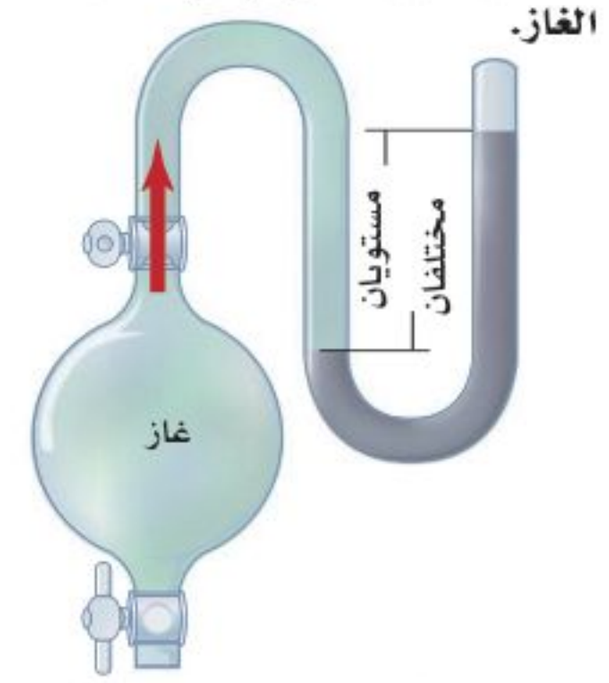
وحـدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط هي باســـكال (Pa) نسبة إلى العالم الرياضي والفيلســـوف الفرنسي باســـكال (1923– 1962م). وقد اشتقت وحدة باســـكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة **باسكال** مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1Pa=1N/m^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط. فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرطال لكل بوصة مربعة (psi)، ويسجل الضغط المقيس باستخدام البارومترات أو المانومترات بالملمترات الزئبقية (mmHg). وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).

الشكل 5-1 كان تورشـلي أول مـن صمم جهازًا يبين أن للغلاف الجوي ضغطًا.





يكون مستوى ارتفاع الزئبق هو نفسه في طرفي الأنبوب قبل دخول الغاز.



يصبح مستويا ارتفاع الزئبق غير متساويين في طرفي الأنبوب عند دخول الغاز.

الشكل 6-1 المانومتر جهاز يقيس ضغط الغاز المحصور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويصل متوسط ضغط الهواء عند سطح البحر وعند درجة حرارة 0°C إلى (101.3 kPa). ويسجل ضغط الهواء في العادة بوحدة قياس تعرف **بالضغط الجوي** (atm)، حيث يساوي 760 mm Hg أو 760 torr أو 101.3 kPa. ويقارن **الجدول 1-1** بين وحدات القياس المختلفة للضغط.

الجدول 1-1 مقارنة بين وحدات قياس الضغط

الوحدة	العدد المساوي لـ 1atm	العدد المساوي لـ 1kPa
كيلو باسكال (kPa)	101.3 kPa	—
الضغط الجوي (atm)	—	0.009869 atm
ملمترات زئبق (mm Hg)	760 mm Hg	7.501 mm Hg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل/بوصة مربعة (psi or lb/in^2)	14.7 psi	0.145 psi
بار (bar)	1.01 bar	100 kPa

مختبر تحليل البيانات

عمل الرسوم البيانية واستخدامها.

ما العلاقة بين عمق الغطس وارتفاع مستوى الماء عن سطح البحر؟

يغوص معظم الغطاسين في مواقع تقع عند مستوى سطح البحر أو قريبة منه، إلا أن الغطاسين في ساسكاتشوان وألبرتا وكولومبيا البريطانية (كندا) وكذلك في المناطق الشمالية الغربية من الولايات المتحدة يغوصون في مناطق مرتفعة عن مستوى سطح البحر.

التفكير الناقد

1. **قارن** استخدم البيانات الواردة في الجدول لعمل رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع.
2. **احسب** عمق غطسك الحقيقي إذا كان مقياس العمق يشير إلى 18 m ولكنّك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علمًا بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟
3. **حلّل** تستخدم جداول الغطس لتحديد زمن الأمان للغطاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. فما أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

البيانات والمشاهدات

يبين الجدول الآتي معامل تصحيح مقياس الضغط للغطس في مناطق مرتفعة عن سطح البحر.

معامل تصحيح الغطس

الارتفاع (m)	الضغط الجوي (atm)	معامل تصحيح مقياس الضغط (m)
0	1.000	0.0
600	0.930	0.7
1200	0.864	1.4
1800	0.801	2.0
2400	0.743	2.7
3000	0.688	3.2

* أخذت البيانات من Swatzky D 2000. الغوص على المرتفعات، الجزء الأول. مجلة الغطاس يونيو 2000.

قانون دالتون للضغوط الجزئية وجد دالتون Dalton في أثناء دراسته لخصائص الغازات أن لكل غاز في خليط من الغازات ضغطًا خاصًّا به. ويوضح **الشكل 7-1** **قانون دالتون للضغوط الجزئية**، وينص على أن الضغط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له. وتعرف نسبة ضغط كل غاز من الضغط الكلي بالضغط الجزئي للغاز. ويعتمد الضغط الجزئي للغاز على عدد مولاته، وحجم الوعاء، ودرجة حرارة خليط الغازات، ولكنه لا يعتمد على نوع الغاز. ويكون الضغط الجزئي لمول واحد من أي غاز عند درجة حرارة وضغط معينين هو نفسه.

ويلخص قانون دالتون بالمعادلة الموضحة أدناه:

قانون دالتون للضغوط الجزئية للغازات

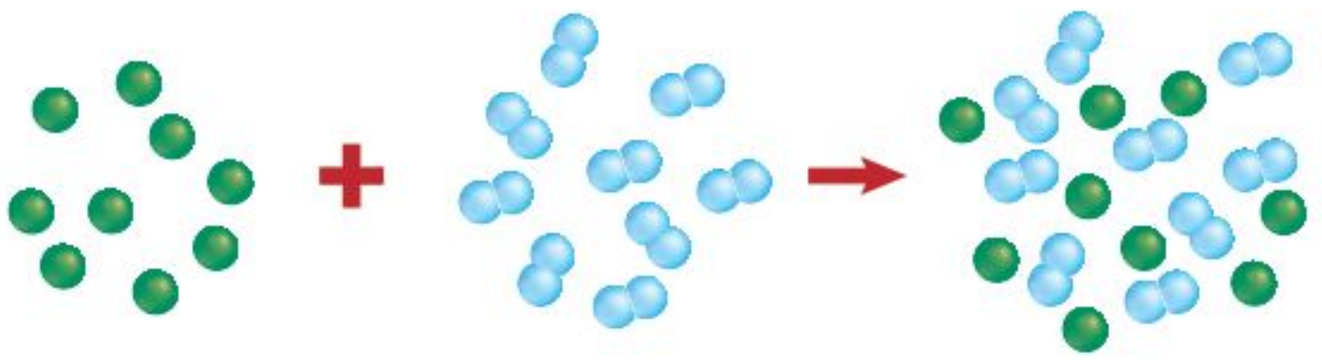
P_{total} تمثل مجموع الضغوط (الضغط الكلي)

P_1 و P_2 و P_3 تمثل الضغوط الجزئية للغازات وحتى الضغط الجزئي لآخِر غاز في الخليط P_n

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n$$

لحساب الضغط الكلي لخليط الغازات أضف الضغوط الجزئية إلى كل الغازات معًا.

انظر إلى **الشكل 7-1**. ماذا يحدث عند وضع 1mol من الهيليوم مع 1mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ لأنه لم يحدث تغيير في حجم كل من الغازين وعدد جسيماتهما فإن الضغط الكلي يكون مساويًا لمجموع الضغط الجزئي لكل منهما.



الشكل 7-1 عند خلط الغازات، يكون الضغط الكلي للخليط مساويًا لمجموع الضغوط الجزئية للغازات في الخليط.

حدد كيف تقارن بين الضغوط الجزئية لغازي النيتروجين والهيليوم لكمية 1mol من كل منهما تم ضغطها داخل وعاء مغلق؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 2-1

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوّنًا من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنيتروجين N_2 يساوي 0.97 atm، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علمًا بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.70 atm وللنيتروجين (0.12 atm).

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي لغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية.

المعطيات

$P\,\mathrm{N}\,2 = 0.12\ \mathrm{atm}$

$P\,\mathrm{CO}\,2 = 0.70\ \mathrm{atm}$

$P_{\text{total}} = 0.97\ \mathrm{atm}$

المطلوب

$\boldsymbol{P\,\mathrm{O}\,2 = ?\ \mathrm{atm}}$

2 حساب المطلوب

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

$\mathrm{P}_{\text{total}} = \mathrm{P}\,\mathrm{N}\,2 + \mathrm{P}\,\mathrm{CO}\,2 + \boldsymbol{P_{O_2}}$

حل لإيجاد $\boldsymbol{P\,\mathrm{O}\,2}$

$\boldsymbol{P\,O\,2} = \mathrm{P}_{\text{total}} - \mathrm{P}\,\mathrm{CO}\,2 - \boldsymbol{P\,N\,2}$

عوّض بقيم الضغوط الجزئية $\boldsymbol{P\,\mathrm{CO}}$، $\boldsymbol{P\,\mathrm{N}\,2 = 0.12\ \mathrm{atm}}$، $2 = 0.70\ \mathrm{atm}$، $\boldsymbol{P_{\text{total}} = 0.97\ \mathrm{atm}}$

$\boldsymbol{P_{O_2}} = 0.97\ \mathrm{atm} - 0.70\ \mathrm{atm} - 0.12\ \mathrm{atm}$

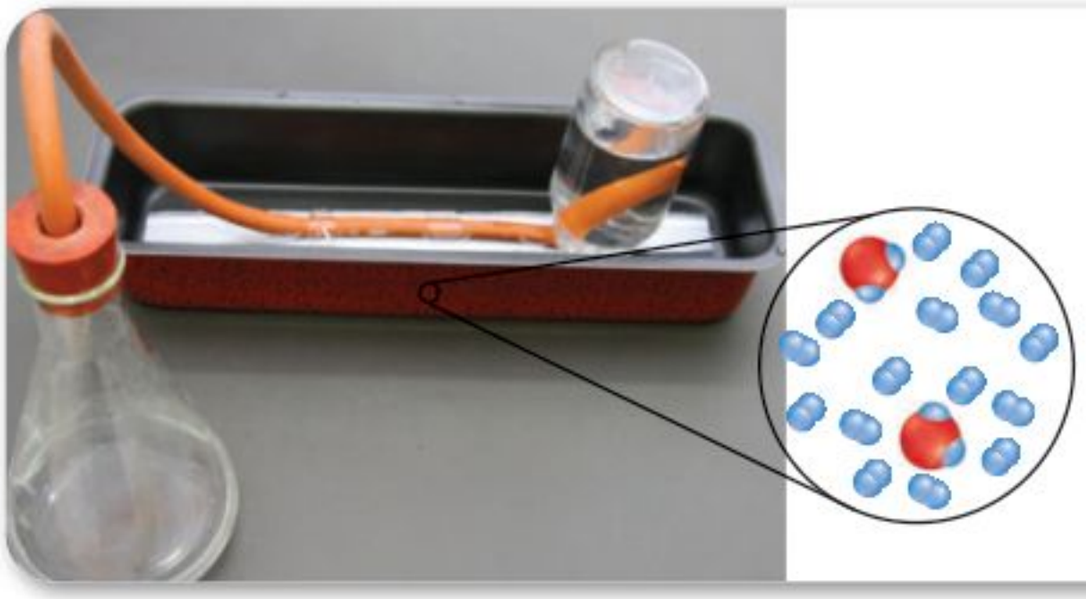
$\boldsymbol{P_{O_2} = 0.15\ \mathrm{atm}}$

3 تقويم الإجابة عند إضافة القيمة المحسوبة للضغط الجزئي للأكسجين إلى بقية الضغوط الجزئية يكون الناتج مساويًا للضغط الكلي وهو (0.97) atm.

مسائل تدريبية

4. **احسب** الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علمًا بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.
5. **أوجد** الضغط الكلي لخليط غاز مكوّن من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa
6. **أوجد** الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علمًا بأن ضغط الغازات الكلي يساوي 30.4 kPa والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5kPa و 3.7kPa
7. **تحفيز** الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النيتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين 21% وغاز الأرجون 1% (وهناك كميات ضئيلة من الغازات الأخرى). فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mmHg، فما الضغوط الجزئية لكل من النيتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 8-1 يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع الخارصين Zn لإنتاج غاز الهيدروجين الذي يتم جمعه عند درجة حرارة 20°C.

احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20°C إذا علمت أن الضغط الكلي لخليط غازي الهيدروجين وبخار الماء هو 100.0kPa.

استخدام قانون دالتون تستخدم الضغوط الجزئية للغازات لتحديد كمية الغاز الناتجة عن التفاعل، حيث يُجمع الغاز الناتج فوق الماء في وعاء ماء منكس، كما هو موضح في **الشكل 8-1**، فيحل الغاز محل الماء ويكون الغاز الناتج مزيجًا من غازي الهيدروجين وبخار الماء. وبهذا يكون الضغط الكلي داخل الوعاء يساوي مجموع الضغطين الجزئيين لكل من الهيدروجين وبخار الماء.

ترتبط الضغوط الجزئية للغازات عند درجة الحرارة نفسها بتراكيز هذه الغازات. فالضغط الجزئي لبخار الماء له قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة. ويمكنك الحصول على هذه القيم بالرجوع إلى المصادر، فعلى سبيل المثال، الضغط الجزئي لبخار الماء عند درجة حرارة 20°C هو (2.3 kPa). ويمكنك حساب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين بطرح الضغط الجزئي لبخار الماء من الضغط الكلي.

وستعرف لاحقًا أنك إذا عرفت ضغط غاز ما وحجمه ودرجة حرارته استطعت حساب عدد مولاته.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 1-1

الخلاصة

- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل انتشار غازين.
- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط من الغازات.

8. **الفكرة الرئيسة** **فسّر** سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
9. **صف** كيف تؤثر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفقه؟
10. **وضّح** كيف يمكن قياس ضغط الغاز؟
11. **فسّر** لماذا ينكس وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله محل الماء؟
12. **احسب** الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي 1.20 atm والضغط الجزئي لأحدهما هو 0.75 atm
13. **استنتج** ما إذا كان لدرجة الحرارة تأثير في معدل انتشار الغاز، فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1-2

قوى التجاذب Forces of Attraction

الأهداف

- **تصف** القوى الجزيئية.
- **تقارن** بين القوى الموجودة بين الجزيئات.

مراجعة المفردات

التساهمية القطبية: رابطة تتكون عندما يكون التشارك بالإلكترونات غير متساوٍ.

المفردات الجديدة

قوى التشتت

القوى الثنائية القطبية

الرابطة الهيدروجينية

الفكرة الرئيسة **تحدِّد القوى بين الجزيئات. ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية. حالةَ المادة عند درجة حرارة معينة.**

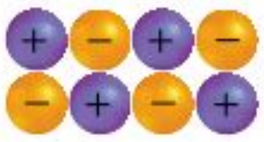
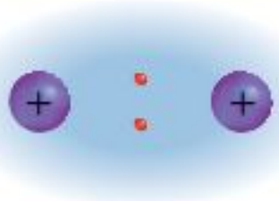
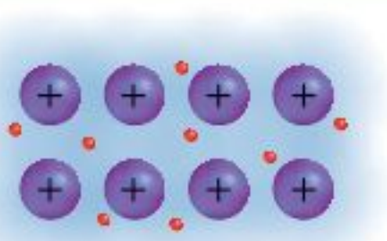
الربط مع الحياة تعلم أن الماء من المواد النادرة التي توجد في صورة صلب أو سائل أو غاز في الظروف العادية. وهذه الخاصية الفريدة ـ بالإضافة إلى الخصائص الأخرى التي أودعها الخالق عز وجل فيه ـ تجعله منبع هذه الحياة .

القوى بين الجزيئات Intermolecular Forces

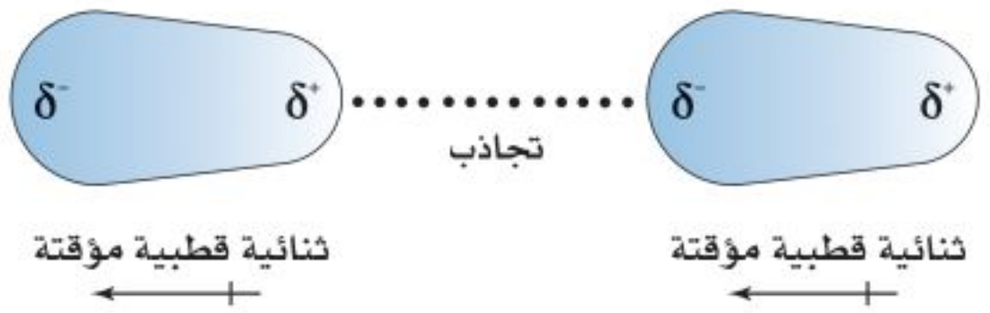
لو كان لجسيمات المادة جميعها عند درجة حرارة الغرفة متوسط الطاقة الحركية نفسه، فما سبب وجود مواد غازية وأخرى صلبة أو سائلة؟ تكمن الإجابة عن هذا التساؤل في قوى التجاذب في الجسيمات نفسها، وفيما بينها. وتسمى قوى التجاذب التي تربط بين جسيمات المادة بروابط أيونية وتساهمية وفلزية بقوى الترابط الجزيئية (intramolecular forces). ويعني المقطع intra "داخل"، بينما يعني المقطع molecular "جزيئية"، ويقصد بالجزيئية الذرات والأيونات والجزيئات. ويلخص **الجدول 2-1** ما قرأته سابقًا عن قوى الترابط الجزيئية.

لا تمثل قوى الترابط الجزيئية كافة قوى التجاذب بين الجسيمات، بل هناك قوى تجاذب أخرى تسمى القوى بين الجزيئات (intermolecular forces)، وهي قوى بينية تربط بين جسيمات متشابهة، مثل تلك التي بين جزيئات الماء، أو بين جسيمات مختلفة مثل ذرات الكربون في الجرافيت، وجسيمات السليلوز في الورق. سنناقش في هذا الدرس ثلاثة أنواع من القوى بين الجزيئات، هي: قوى التشتت، والثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية. وعلى الرغم من اختلاف هذه القوى في قوتها بعضها عن بعض، إلا أن القوى بين الجزيئات كلها أضعف من قوى الترابط داخل الجزيئات.

الجدول 2-1 المقارنة بين قوى التجاذب داخل الجزيئات

نوع الرابطة	النموذج	أسس التجاذب	مثال
الأيونية		الشحنات السالبة والموجبة.	$NaCl$
التساهمية		النواة الموجبة والإلكترونات المشتركة.	H_2
الفلزية		الأيونات الفلزية الموجبة والإلكترونات المتحركة.	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 9-1 تتنافر السحب الإلكترونية عند اقتراب جزيئين أحدهما من الآخر، مكونة ثنائية قطبية مؤقتة؛ حيث تمثل إشارة δ منطقة الشحنة الجزئية على الجزيء.

فسر ماذا تمثل إشارتا δ+ و δ− الموجودتان على الثنائية القطبية المؤقتة؟

قوى التشتت تذكر أن جزيئات الأكسجين غير قطبية؛ لأن إلكتروناتها موزعة بالتساوي بين ذرتي أكسجين ذات الكهروسالبية المتساوية. ويمكن ضغط جزيئات الأكسجين وتحويلها إلى سائل تحت الظروف المناسبة. وحتى يتكاثف الأكسجين لا بد من قوى تجاذب بين جزيئاته.

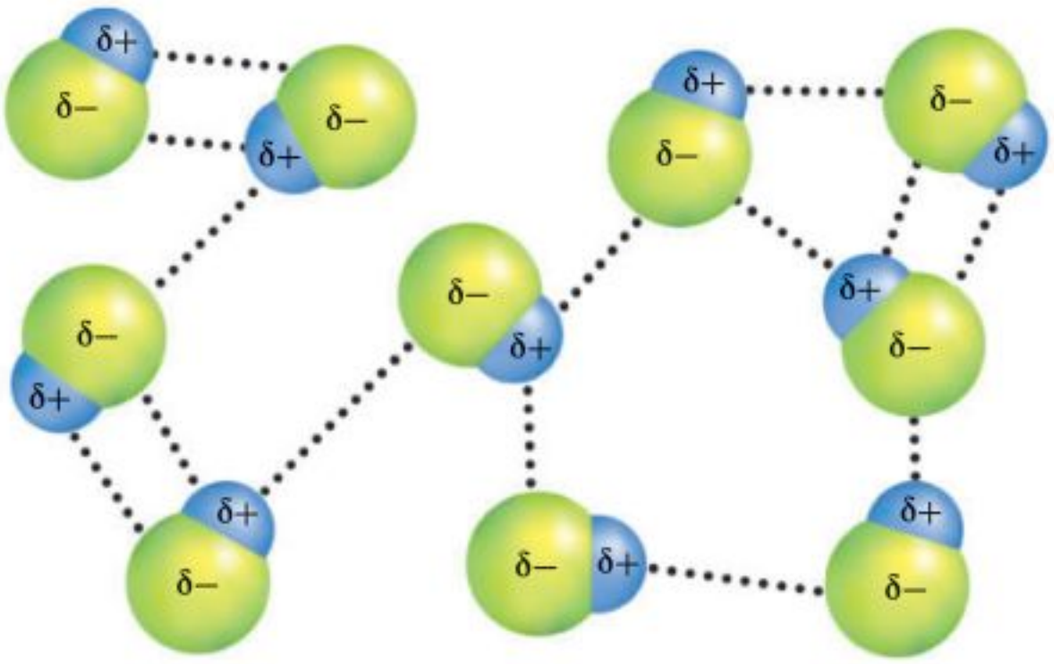
تسمى قوة الترابط بين جزيئات الأكسجين **قوى التشتت** وهي قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحيانًا بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني-الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى.

تذكر أيضًا أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية. وعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر ـ ولا سيما عند تصادمهما ـ فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة ـ ولو لحظة ـ لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكّل كل جزيء ثنائية قطبية مؤقتة. وعند اقتراب ثنائيات الأقطاب المؤقتة بعضها من بعض تنشأ قوى تشتت ضعيفة بين مناطق الشحنات المختلفة لثنائية الأقطاب، كما هو موضح في **الشكل 9-1**.

ماذا قرأت؟ فسر سبب تكون قوى التشتت.

تنشأ قوى التشتت بين الجسيمات كافة، ولكنها قوى ضعيفة بالنسبة إلى الجسيمات الصغيرة، ويزداد تأثيرها مع ازدياد عدد الإلكترونات. لذلك كلّما زاد حجم الجسيم تصبح قوى التشتت أكثر قوة، وبالتالي فإن قوى التشتت بين جزيئات اليود أقوى من قوى التشتت بين جزيئات البروم في مجموعة الهالوجينات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 10-1 توجّه الجزيئات القطبية المجاورة نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معًا.

حدّد أنواع القوى الممثلة في الشكل.

وهذا الفرق في قوى التشتت يفسر سبب وجود كل من الفلور والكلور في الحالة الغازية، والبروم سائلاً، واليود صلبًا عند درجة حرارة الغرفة .

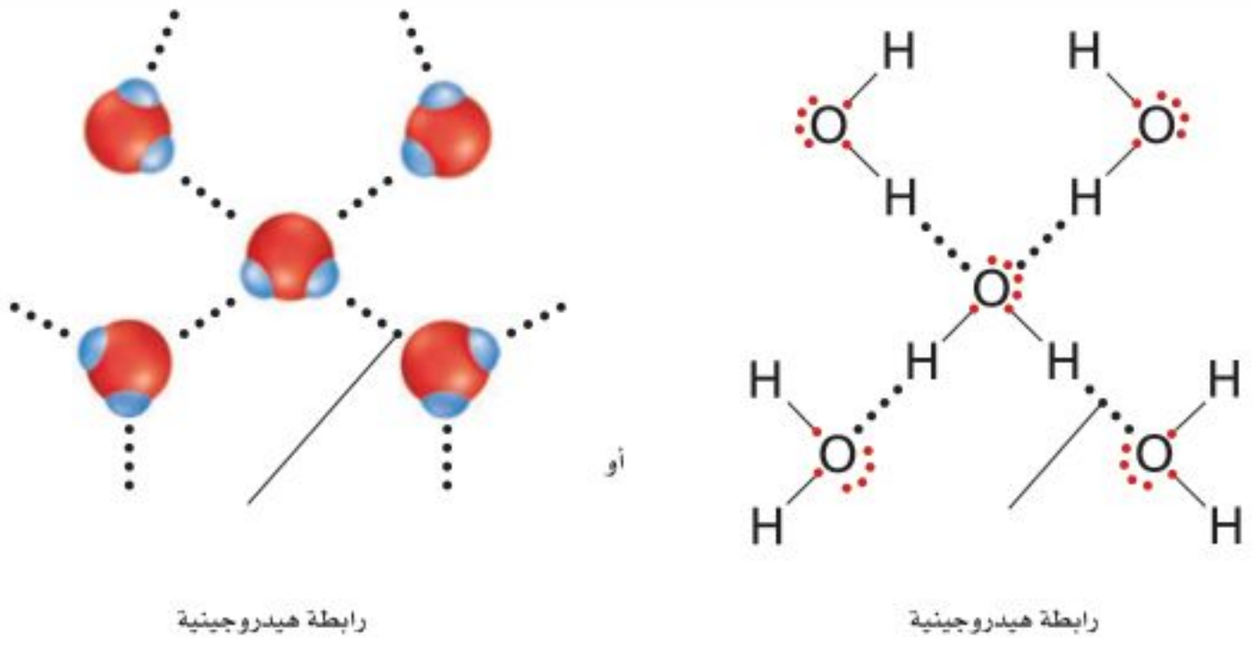
ماذا قرأت؟ **استنتج الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين** (At) عند درجة حرارة الغرفة، مبينًا سبب ذلك.

قوى ثنائية القطبية تحتوي الجزيئات القطبية على ثنائية قطبية دائمة، أي أن بعض المناطق في الجزيء القطبي تكون دائمًا سالبة جزئيًّا، وبعضها الآخر يكون موجبًا جزئيًّا، مما يخلق تجاذبًا بين هاتين المنطقتين المختلفتي الشحنة، وهذا ما يسمى **ثنائية القطبية** . أما الجزيئات القطبية المجاورة فتوجه نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معًا .

عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين بعضها من بعض تنجذب ذرة الهيدروجين الموجبة جزئيًّا في الجزيء نحو ذرة الكلور في جزيء آخر، والتي تكون سالبة جزئيًّا. يوضح **الشكل 10-1** تجاذبات متعددة بين جزيئات كلوريد الهيدروجين؛ لأنّ ثنائية القطبية دائمة في هذا الجزيء القطبي، فمن المتوقع أن تكون القوى الثنائية القطبية أقوى من قوى التشتت. ويمكن أن يكون هذا التوقع صحيحًا في الجزيئات القطبية الصغيرة؛ إذ إن لها ثنائية قطبية كبيرة. ومع ذلك فالكثير من الجزيئات القطبية ـ ومنها جزيئات كلوريد الهيدروجين HCl الموضحة في **الشكل 10-1** ـ تبقى قوى التشتت فيها أكبر من القوى الثنائية القطبية.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين القوى الثنائية القطبية وقوى التشتت.

الروابط الهيدروجينية نوع خاص من القوى الثنائية القطبية، وتحدث بين الجزيئات التي تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية كبيرة تحتوي على الأقل على زوج واحد من الإلكترونات غير الرابطة.



الشكل 11-1 الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أقوى من تجاذب الثنائية القطبية؛ وذلك لأن الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين ذات قطبية كبيرة.

وتتغلب عادة الروابط الهيدروجينية على كل من قوى التشتت والقوى الثنائية القطبية. ولكي تتكوّن **الرابطة الهيدروجينية** لا بد للهيدروجين أن يرتبط إما مع ذرة فلور أو أكسجين أو نيتروجين؛ حيث تكون كهروسالبية هذه الذرات كافية لجعل ذرة الهيدروجين ذات شحنة جزئية موجبة، وتكون هذه الذرات في الوقت نفسه صغيرة بقدر كاف يسمح لأزواج الإلكترونات غير الرابطة فيها بالاقتراب من ذرات الهيدروجين. فعلى سبيل المثال، لذرات الهيدروجين في جزيء الماء شحنة جزئية موجبة كبيرة، ولذرة الأكسجين شحنة جزئية سالبة كبيرة، وعند اقتراب جزيئات الماء تنجذب ذرة الهيدروجين في الجزيء نحو زوج الإلكترونات غير الرابط مع ذرة أكسجين في جزيء آخر، كما هو موضح في **الشكل 11-1**.

تفسر الرابطة الهيدروجينية سبب وجود الماء في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما تكون المركبات المشابهة للماء في كتلتها المولية في الحالة الغازية. انظر إلى البيانات الواردة في **الجدول 3-1**. من السهل تفسير الفرق بين الماء والميثان؛ فجزيئات الميثان غير قطبية، والقوى الوحيدة التي تربط بين جزيئاتها هي قوى

الجدول 3-1 خواص بعض المركبات الجزيئية

المركب	الشكل الفراغي	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان (°C)
الماء (H_2O)		18.0	100
الميثان (CH_4)		16.0	−164
الأمونيا (NH_3)		17.0	−33.4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التشـــتت الضعيفة. أما الفرق بين الماء والأمونيا فغير واضح؛ حيث يمكن لجزيئات هذين المركبين تكويـــن روابط هيدروجينية. ولأن الأمونيا تكون غـــازًا عند درجة حرارة الغرفة فذلك يدل على أن قوى الترابط بين جزيئات الأمونيا ليســـت قوية. ولأن ذرات الأكسجين أكثر كهروسالبية من ذرات النيتروجين فإن الرابطة بين O–H في جزيء الماء أكثر قطبية من الرابطة بين N–H في الأمونيا. ونتيجة لذلـــك فإن الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء أكثر قوة من الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الأمونيا.

التقويم 1-2

الخلاصة

- قـــوى الترابط داخل الجزيئـــات أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشـــتت قـــوى بـــين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث قـــوى ثنائية القطبية بـــين الجزيئات القطبية.

14. الفكرة الرئيسة **فسر** ما الذي يحدّد حالة المادة عند درجة حرارة معينة؟

15. قارن بين القوى بين الجزيئات والقوى الجزيئية.

16. قوّم أيّ الجزيئات الآتية يستطيع تكوين روابط هيدروجينية، وأيّها يحتوي على قوى التشتت فقط بوصفها قوى بين الجزيئات؟ فسر إجابتك.

a. H_2 **b.** H_2S **c.** HCl **d.** HF

17. تفسير البيانات هناك أربع روابط تساهمية أحادية في جزيء الميثان CH_4، بينما يوجد 25 رابطة تســـاهمية أحادية في جـــزيء الأوكتان C_8H_{18}. كيف يؤثر عدد الروابط في قوى التشتت في كلا المركبين؟ وأي المركبين يكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، وأيهما في الحالة السائلة؟

وزارة التعـــليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–3

المواد السائلة والمواد الصلبة

Liquids and Solids

الأهداف

- **تقارن** بين ترتيب الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة.
- **تصف** العوامل التي تؤثر في اللزوجة.
- **تفسر** العلاقة بين وحدة البناء والشبكة البلورية.

مراجعة المفردات

الشكل الهلالي: سطح السائل المنحني (مقعر أو محدب).

المفردات الجديدة

اللزوجة
التوتر السطحي
عوامل خافضة للتوتر السطحي
المادة الصلبة المتبلورة
وحدة البناء
التآصل
المواد الصلبة غير المتبلورة

الفكرة الرئيسة **لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.**

الربط مع الحياة هل فكرت يومًا لماذا يكون سكب القَطْر (مركز محلول السكر) (Syrup) المحفوظ في الثلاجة صعبًا مقارنة بسكب القطر المحفوظ خارجها؟ لعلك تعلم أن تسخين القطر يجعل سكبه سهلاً. ولكن لماذا تساعد زيادة درجة الحرارة على ذلك؟

السوائل Liquids

على الرغم من أن نظرية الحركة الجزيئية قد طُوّرت لتفسير سلوك الغازات، إلاّ أنه يمكن تطبيقها أيضًا على السوائل والمواد الصلبة، آخذين في عين الاعتبار قوى الترابط بين جسيماتها، إضافة إلى الطاقة الحركية لجسيماتها.

تعلم مما درست سابقًا أن السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها تحتفظ بحجمها ثابتًا، أي أن جسيماتها تنساب لتتكيف مع شكل الوعاء، ولكن السوائل لا تتمدّد لتملأ الوعاء تمامًا، كما هو موضح في **الشكل 12-1**. وبالرجوع إلى نظرية الحركة الجزيئية نجد أن جسيمات السائل لا تبقى في مكان ثابت، حيث تحد قوى التجاذب بين جسيمات السائل من مدى حركتها، فتبقى الجسيمات قريبة ومتراصَّة معًا في حجم ثابت.

الكثافة والضغط تكون السوائل أكثر كثافة من الغازات عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm. وتكون كثافة السوائل أكبر كثيرًا من أبخرتها عند الظروف الجوية نفسها. فكثافة الماء السائل مثلًا أكثر 1250 مرة تقريبًا من كثافة بخار الماء عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1atm. ونظرًا إلى وجودهما عند درجة الحرارة نفسها، فإن لكل من جسيمات الغاز والسائل متوسط الطاقة الحركية نفسه. ويعود الارتفاع في كثافة السوائل إلى القوى بين الجزيئية التي تربط الجسيمات معًا. وتختلف السوائل عن الغازات في أنها تعد غير قابلة للضغط في كثير من التطبيقات، والتغير في حجمها صغير جدًّا؛ لأن جسيمات السائل متراصَّة بإحكام، ويتطلب الأمر ممارسة ضغط هائل عليه لتقليل حجمه مقدارًا ضئيلًا جدًّا.

الشكل 12-1 تنساب السوائل لتأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها لا تتمدد كالغازات لتملأ الوعاء.

استنتج سبب وجود السائل عند المستوى نفسه في كل من الأنابيب المتصلة معًا.

الشكل 13-1 للغازات والسوائل القدرة على الانتشار والانسياب وتظهر هذه الصورة انسياب أحد السوائل عبر الأخر.

الميوعة تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع، بسبب قابليتها للانتشار والانسياب. يوضح **الشكل 13-1** انسياب أحد السوائل عبر سائل آخر. وتنساب السوائل عادة أبطأ من انتشار الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئات في عملية الانسياب، ولهذا تكون السوائل أقل ميوعة من الغازات. ويمكننا توضيح هذا الفرق بالمقارنة بين الماء والغاز الطبيعي. فعند وجود تسرب في أنبوب ماء في الطابق السفلي في منزل مثلاً يبقى الماء في الطابق نفسه ما لم تكن كمية الماء المتسرب تفوق حجم الطابق السفلي كله.

ولو أن الغاز الطبيعي تسرّب في الطابق السفلي مثلًا فلن يقتصر وجوده على الطابق السفلي فقط، وإنما سينتشر في كل أرجاء المنزل. ولأن الغاز الطبيعي بلا رائحة فإن الشركات تضيف إليه رائحة مميزة؛ لكي تحذّر الناس، وتمكّنهم من معرفة مكان تسرب الغاز، فيتمكن ساكنوا المنزل من إغلاق مصدر الغاز المتسرِّب، وفتح النوافذ للسماح للغاز بالانتشار، والاتصال بشركة الغاز لإصلاح مكان التسرب.

اللزوجة هي خاصية تلحظها كلما حاولت إخراج العسل من القارورة. و**اللزوجة** هي مقياس مقاومة السائل للتدفق والانسياب؛ حيث تكون جسيمات السائل قريبة بعضها من بعض، حتى أن قوى التجاذب بينها تبطئ من حركتها عندما يتجاوز بعضها بعضًا. ويمكن تحديد لزوجة السائل من خلال نوع القوى بين الجزيئات وحجم الجسيمات وشكلها، إضافة إلى درجة الحرارة.

يجب أن تعرف أنه ليست كل السوائل لزجة؛ فقد اكتشف العلماء عام 1937م ما يعرف بالميوعة الفائقة، حيث برّد العلماء سائل الهيليوم إلى درجة حرارة دون $-270.998^{\circ}C$ فوجدوا أن خصائصه قد تغيرت؛ إذ فقد سائل الهيليوم لزوجته، أي مقاومته للانسياب. ويوضح **الشكل 14-1** اكتشاف مفهوم الميوعة الفائقة، ومعلومات أخرى عن حالات المادة.

الشكل 14-1 دراسة حالات المادة
لقد أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر عن حالات المادة.

460قبل الميلاد وضع الفلاسفة نظرية تنص على أن المواد تتكون من أربعة عناصر هي النار والهواء والماء والتراب.

400 قبل الميلاد طوّر الفيلسوف ديمقريطس النظرية القائمة على أن المواد كلها تتكون من أجزاء صغيرة لا تتجزأ سمّاها ذرات.

360 قبل الميلاد رفض الفيلسوف أرسطو نظرية ديمقريطس، ودعم الاعتقاد بأن المادة تتكون من نار وهواء وماء وتراب.

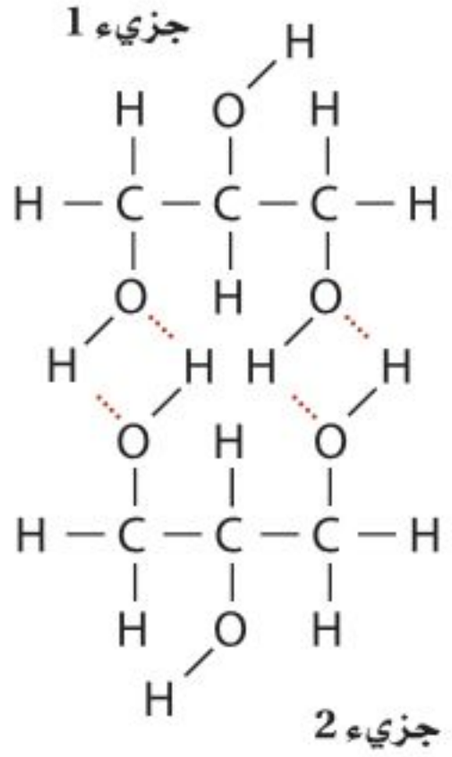
1643 بعد الميلاد برهن اختراع البارومتر على وجود وزن للهواء.

1734 بعد الميلاد اقترح دانيل برنولي أن ضغط الغاز ينتج عن تصادم جسيمات الغاز بجدران الوعاء المحصور داخله.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

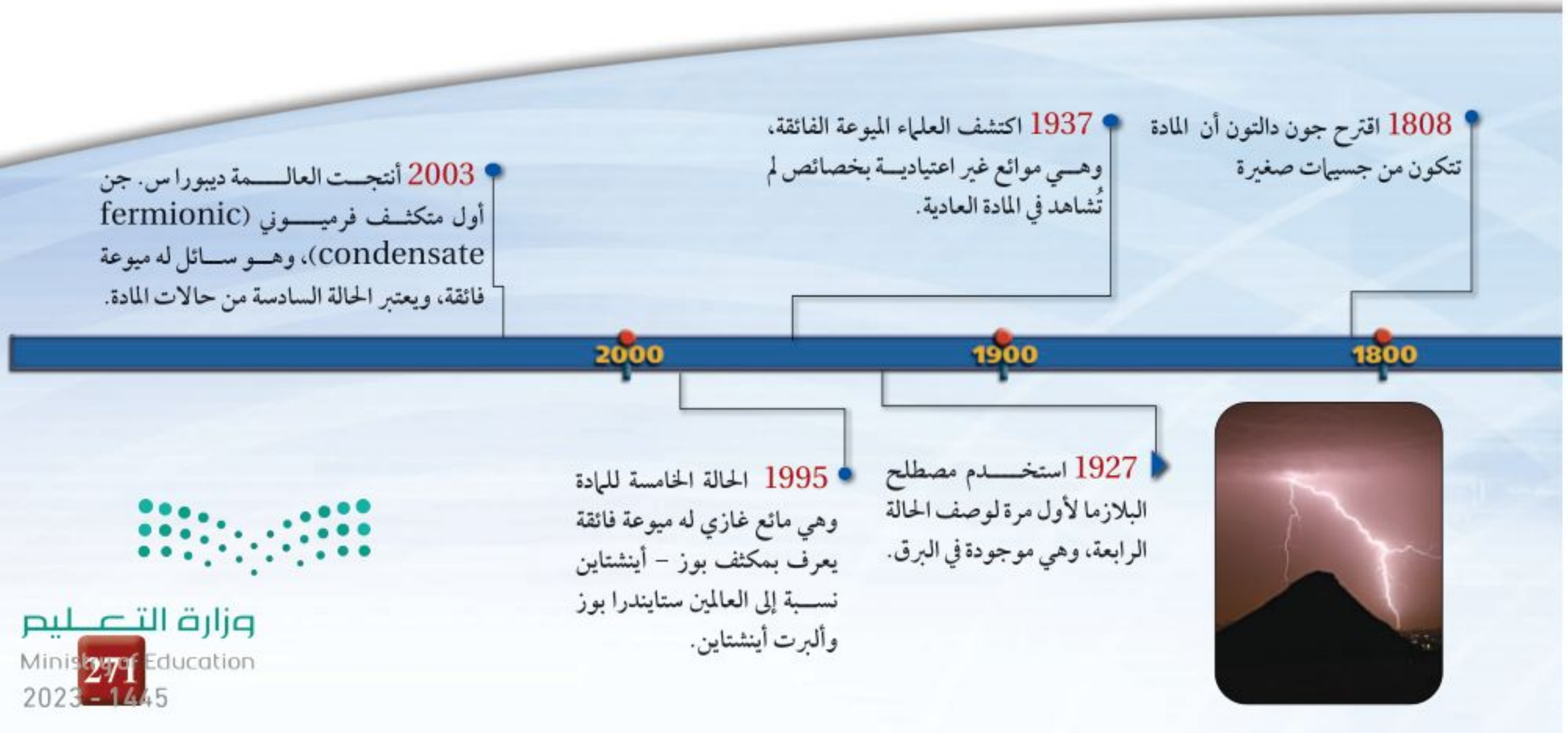
قـوى التجـاذب كلما كانت القوى بين الجزيئات في السـوائل كبـيرة زادت درجة لزوجتها. فمثلا تعد مادة الجليسرول التي تسـتخدم في المختبر في تشحيم الأدوات سـائلًا لزجًا. ويوضح **الشـكل 15-1** الصيغ البنائية للرابطة الهيدروجينية التي تجعـل الجليسرول مادة لزجة جدًّا. حيث تسـتطيع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع ذرات الأكسـجين في كل جزيء جليسرول تكوين روابط هيدروجينية مع جزيء جليسرول آخر. وتوضح النقاط الحمراء في **الشـكل 15-1** أماكن تشكل الروابط الهيدروجينية بين الجسيمات.

حجم الجسـيمات وشـكلها يؤثر حجم جسيمات المادة وشكلها في لزوجتها. تذَكر أن كتلة الجسـيمات وسرعة حركتها تحددان الطاقة الحركية الكلية لها. افترض أن قوى التجاذب بين جسيمات السـائل (A) مساوية لقوى التجاذب بين جسيمات السائل (B)، وإذا كانت كتلة جسـيمات السـائل (A) أكبر من كتلة جسيمات السائل (B)، فيكون السـائل (A) أكثر لزوجة من السـائل (B)، لذا فإن حركة الجسـيمات في السـائل (A) تكون على الأرجح أبطأ من حركة جسـيمات السـائل (B). وتكون لزوجة الجسـيمات ذات السلاسـل الطويلة في تركيبها ـ ومنها الزيت المستخدم في الطبخ أو زيت المحركات ـ أكبر من لزوجة الجسيمات ذات السلاسل القصيرة، على افتراض أنّ الجسيمات تبذل النوع نفسه من قوى التجاذب. ففي السلاسل الطويلة تكون المسـافات بين ذرات الجسـيمات المتجاورة قصيرة جدًّا، وبهذا تكون فرصة حدوث تجاذب بين الذرات أكبر.



الشكل 15-1 يوضح الشكل جزيئين من الجليسرول والرابطة الهيدروجينية بينهما.

حدّد عـدد الروابـط الهيدروجينيـة التـي يمكـن لجزيء مـن الجليسـرول تكوينها مع جزيء آخر.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

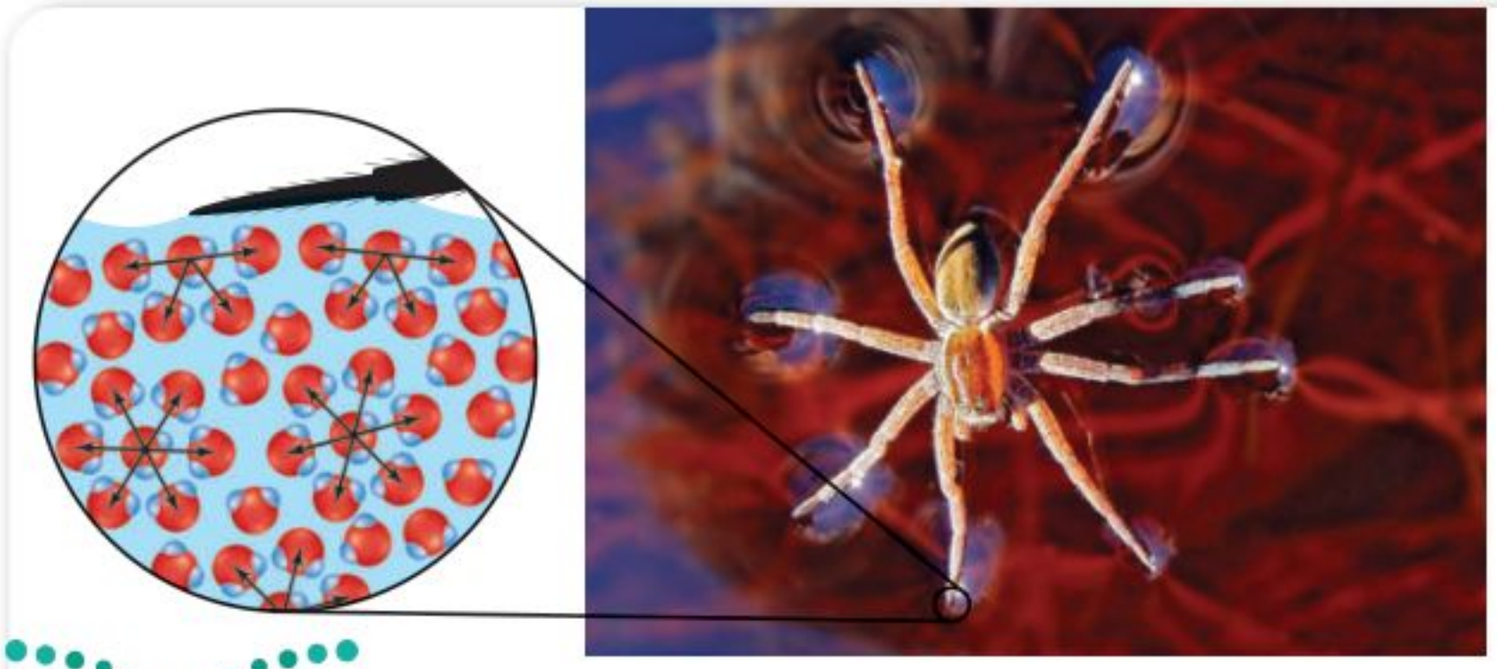
درجة الحرارة تنخفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة، فلا ينتشر زيت الطبخ في المقلاة إلاّ عند تسخينه، حيث إن زيادة درجة الحرارة تزيد الطاقة الحركية لجسيمات الزيت. وتساعد هذه الطاقة الجسيمات على التغلب على القوى بين الجزيئية التي يرتبط بعضها مع بعض، وتمنعها من الانسياب.

ويعدّ زيت المحرك الذي يقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة فيه مثالاً آخر على تأثير درجة الحرارة في اللزوجة. ولذلك استعمل الناس قديماً مزيجًا مختلفًا من زيت المحرك في الصيف والشتاء، فصُمّم زيت يُستخدم في الشتاء لينساب عند درجات حرارة منخفضة، وآخر في الصيف أكثر لزوجة ليناسب درجات الحرارة المرتفعة جدًّا أو في المسافات الطويلة. أما في الوقت الحاضر فيتم إضافة مواد خاصة إلى زيت المحرك لتعديل لزوجته حتى يُستخدم المزيج نفسه على مدار السنة. والجسيمات في المواد المضافة عبارة عن كرات مضغوطة ذات لزوجة منخفضة نسبيًّا عند درجات الحرارة المنخفضة، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فيتحوّل شكل جسيمات المواد المضافة إلى خيوط طويلة تتشابك مع جسيمات زيت المحرك لترفع لزوجته.

ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا يجب أن يبقى زيت المحرك لزجًا؟

التوتر السطحي لا يتساوى تأثير القوى بين الجزيئات في جسيمات السائل جميعها، كما يوضح **الشكل 16-1**؛ فالجسيمات الموجودة وسط السائل تنجذب إلى تلك الموجودة فوقها، وأسفل منها وعلى جانبيها. أما الجسيمات الموجودة على سطح السائل فلا توجد قوة تجاذب من أعلى توازن التي أسفل منها، ولذلك تجذبها محصلة القوة النهائية إلى أسفل، فيحتل السطح أقل مساحة ممكنة، بحيث يبدو كأنه مشدود بإحكام مثل سطح الطبلة. ولزيادة مساحة السطح لا بد للجسيمات الموجودة في الداخل أن تتحرك نحو السطح، وهذا يتطلب طاقة للتغلب على قوى التجاذب التي تربط الجسيمات بعضها ببعض في الداخل. وتُسمّى الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين **التوتر السطحي**. وهذه الظاهرة مقياس لمقدار قوة السحب إلى الداخل بوساطة الجسيمات الموجودة داخل السائل.

الشكل 16-1 تُجذَب جسيمات الماء الموجودة عند سطحه نحو الداخل؛ حتى تتوازن قوى التجاذب والتنافر بينها.



تسمح ظاهرة التوتر السطحي للعنكبوت بالسير على سطح الماء.

تعمل القوى بين الجزيئات تحت سطح الماء على إحداث التوتر السطحي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وعمومًا كلما زادت قوى التجاذب بين الجسيمات زاد التوتر السطحي؛ فللماء توتر سطحي عالٍ؛ بسبب قدرة جسيماته على تكوين روابط هيدروجينية متعددة. وتكون قطرات الماء كرويّة الشكل؛ لأن مساحة سطح القطرة الكروية أصغر من مساحة سطح أي شكل آخر له الحجم نفسه. والتوتر السطحي الكبير للماء كما هو موضح في **الشكل 16-1** هو الذي يساعد العنكبوت على السير والوقوف على سطح ماء البركة.

وهذه القوى التي تمكّن العنكبوت من المكوث على سطح ماء البركة دون أن يغوص هي نفسها التي تجعل انتزاع الأوساخ عن الجلد والملابس باستخدام الماء وحده صعبًا؛ لأن جسيمات الأوساخ لا تستطيع اختراق سطح قطرات الماء. فالماء وحده لا يمكنه انتزاع الأوساخ. ولكن عند استخدام المنظفات والصابون مع الماء يقل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الماء، وعندها ينتشر الماء ويحمل الأوساخ بعيدًا. وتسمى المركبات التي تعمل على خفض التوتر السطحي للماء **عوامل خافضة للتوتر السطحي**.

التماسك والتلاصق يمكنك أن تلاحظ أن سطح الماء يكون غير مستوٍ عند وضعه في أوعية ضيّقة، كالأنابيب الزجاجية، انظر **الشكل 17-1**؛ حيث يكون السطح على شكل هلال مقعر ينخفض في منطقة الوسط. ويوضح **الشكل 17-1** ما يحدث للماء على مستوى الجزيء. فهناك نوعان مهمان من القوى، هما: التماسك والتلاصق؛ حيث يصف التماسك قوة الترابط بين الجسيمات المتماثلة. أما التلاصق فيصف قوة الترابط بين الجسيمات المختلفة. ولأن قوى التلاصق بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جسيمات الماء، لذا يرتفع الماء على طول الجدران الداخلية للأنابيب الأسطوانية.

الخاصيّة الشَعرية يرتفع الماء إلى أعلى في الأنبوب الأسطواني إذا كان رفيعًا جدًّا. وتسمى هذه الأنابيب الرفيعة الأنابيب الشِّعرية. كما تسمى حركة ارتفاع الماء داخل هذه الأنابيب الخاصية الشِّعرية التي تفسّر سبب امتصاص المناديل الورقية لكميات كبيرة من الماء؛ حيث يُسحب الماء داخل الفراغات الضيّقة بين ألياف السليلوز الموجودة في المناديل الورقية، باستخدام الخاصية الشِّعرية، إضافة إلى تكوّن روابط هيدروجينية بين جسيمات الماء وجسيمات السليلوز.

المفردات

الاستخدامات العلمية والشائعة

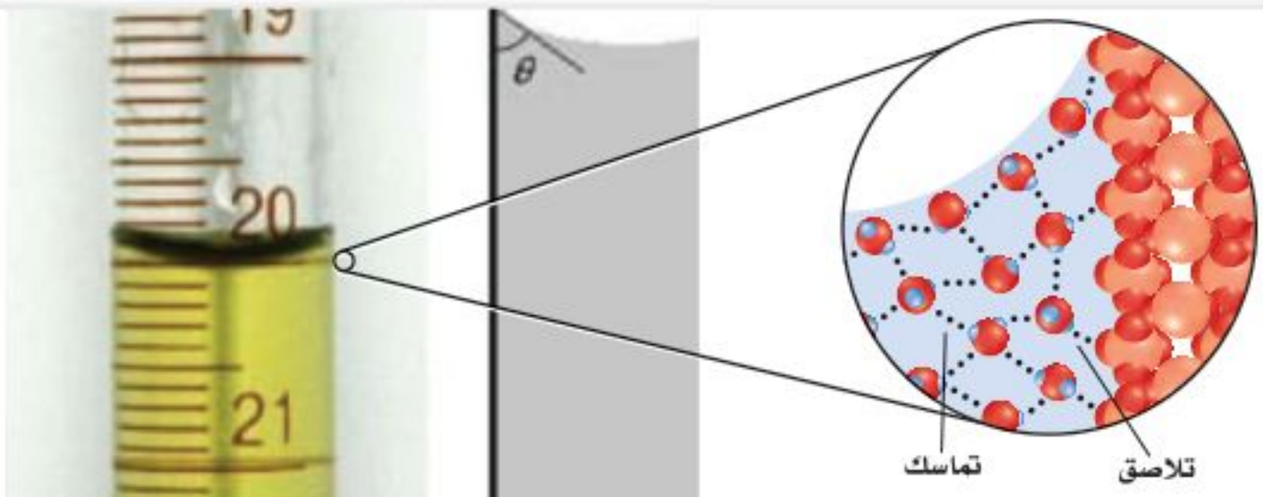
القوة

الاستخدام العلمي: الدفع أو السحب المؤثران في الجسم اتجاهًا ومقدارًا.

توجد قوة الجاذبية بين أي جسمين لهما كتلة، وتتناسب القوة طرديًّا مع حاصل ضرب كتلتيهما.

الاستخدام الشائع: مجموعة من الناس لديهم القدرة على العمل لتحقيق النتائج المطلوبة.

زادت قوة العمال في الشركة إنتاجها في العام الماضي.



إن قوى التجاذب التي بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج تؤثر على جسيمات الماء لتدفعها نحو الأعلى وذلك نتيجة قوى التلاصق.

تتجاذب جسيمات الماء بعضها مع بعض - تماسك - وتتجاذب مع جسيمات ثاني أكسيد السليكون في الزجاج - تلاصق.

الشكل 17-1 لجسيمات الماء خاصيتا التماسك والتلاصق.

استنتج لماذا يكون مستوى الماء مرتفعًا داخل الأنابيب الشعرية الدقيقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المواد الصلبة Solids

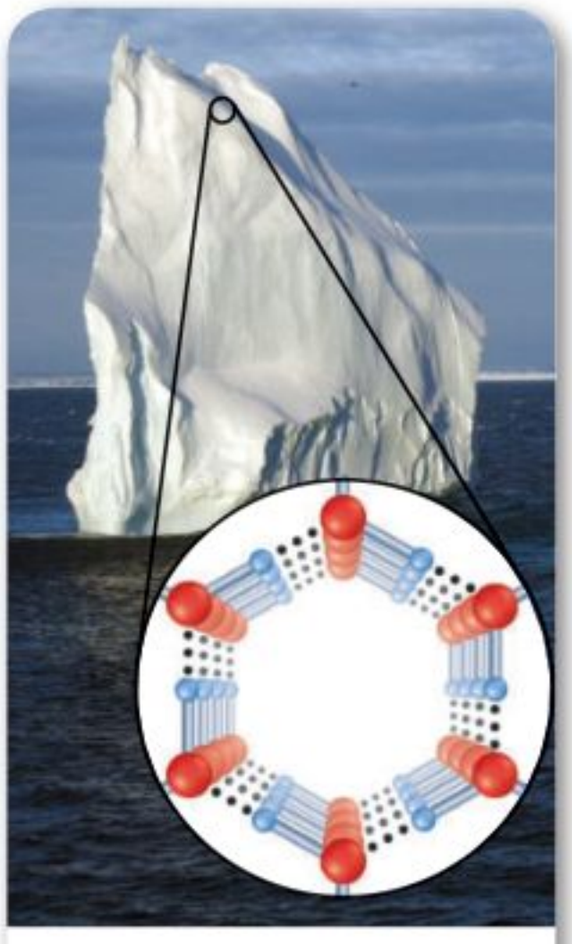
هل تساءلت يومًا عن سبب وجود المواد الصلبة بشكل وحجم محددين؟ حسب نظرية الحركة الجزيئية فإن لمول واحد من جسيمات المادة الصلبة كمية الطاقة الحركية نفسها الموجودة في مول واحد من المادة السائلة أو الغازية عند درجة الحرارة نفسها. وحسب التعريف فإن جسيمات المادة الصلبة يجب أن تكون في حركة ثابتة. ولكي تبقى المادة في الحالة الصلبة عند درجة حرارة معينة لا بد من وجود قوى تجاذب قوية بين جسيماتها، بحيث تكون قادرة على تقييد حركة هذه الجسيمات لتجعلها تهتز إلى الأمام والخلف، مع الاحتفاظ بمكانها الثابت. ولهذا يمكن القول إن هناك نظامًا في حالة الصلابة أكثر منه في حالة السيولة، وبسبب هذا النظام لا تعتبر المادة الصلبة مائعًا بينما يمكن تصنيف السوائل والغازات على أنها موائع.

كثافة المواد الصلبة تكون جسيمات المادة الصلبة عمومًا بعضها قريب من بعض أكثر مما هي عليه في المادة السائلة. ولهذا تكون معظم المواد الصلبة أكثر كثافة من معظم السوائل، وعند وجود مادة في الحالة الصلبة والحالة السائلة في الوقت نفسه فإن المادة الصلبة عادة ما تغرق في السائل؛ فالمكعبات الصلبة من البنزين تغرق في البنزين السائل؛ وذلك لأن البنزين الصلب أكثر كثافة من البنزين السائل. وهناك فرق حوالي 10% تقريبًا في الكثافة بين المواد في الحالة الصلبة والحالة السائلة. ولأن جسيمات المواد الصلبة متقاربة ومتراصة فإن مقدارًا عاديًّا من الضغط لن يُحدث تغييرًا في حجمها.

لا يمكنك توقع نسبة كثافة الثلج الصلب إلى الماء السائل معتمدًا على ما ورد في حالة البنزين؛ فمكعبات الثلج والجبال الجليدية تطفو فوق الماء؛ لأن حكمة الله اقتضت أن تكون كثافة الماء في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة. ويوضح **الشكل 18-1** السبب في هذه الحالة الاستثنائية للماء، فعندما يتجمد الماء يكوّن كل جزيء ماء أربع روابط هيدروجينية مع أربعة جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقاربًا من بعض مما في الماء السائل.

ماذا قرأت؟ **صف** حاول أن تصف بكلماتك سبب طفو الثلج فوق الماء؟

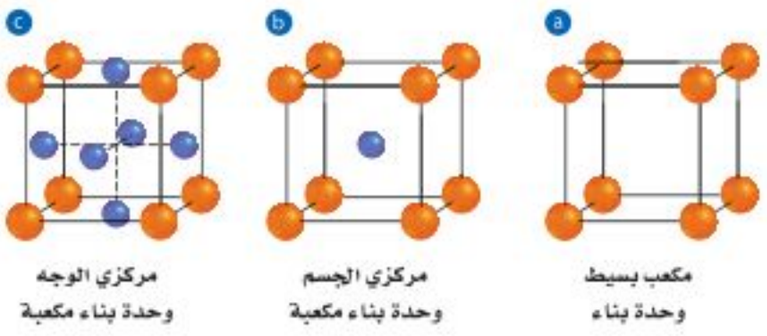
المواد الصلبة البلورية على الرغم من أن كثافة الثلج حالة غير عادية إلاّ أن جسيمات الثلج متراصة كباقي المواد الصلبة بطريقة يسهل التنبؤ بها. **فالمادة الصلبة البلورية** مادة ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها مرتبة في شكل هندسي منتظم، ويمكن تمثيل مواقع الجسيمات في البلورة في صورة نقاط ضمن إطار يسمى الشبكة البلورية. وهناك ثلاث طرائق تترتب من خلالها الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب، كما هو موضح في **الشكل 19-1**.



الشكل 18-1 يطفو جبل الجليد فوق الماء بسبب تكوّن أربع روابط هيدروجينية مع أربع جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقاربًا من بعض مما في الماء السائل.

مهن في الكيمياء

خبير المعادن خبراء المعادن مهندسون يهتمون بكل مراحل تصنيع المعادن، بدءًا من استخراجها والتنقيب عنها وتشكيلها على هيئتها النهائية. ولا بد لخبير المعادن في كل مرحلة من فهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن.



الشكل 19-1 تبين هذه الرسوم ثلاث طرائق لترتيب الجسيمات في الشبكة البلورية، حيث تمثل كل كرة جسيمًا. a. تترتب الجسيمات عند زوايا المكعب فقط. b. وجود جسيم في وسط المكعب. c. وجود جسيمات وسط الأوجه الستة للمكعب، لكن لا وجود لأي جسيم وسط المكعب نفسه.

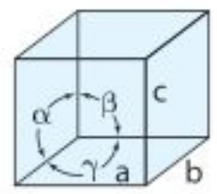
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وحدة البناء هي أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، كما في البلورة ككل. وكما درست سابقًا، فوحدة البناء هي نموذج مصغّر من البناء الأكبر الكامل، ويمكن النظر إلى وحدة البناء على أنّ شكلها يحدد شكلَ البلورة كاملة.

يوضح **الجدول 4-1** سبعة تصنيفات للبلورات بناءً على الشكل، وتختلف أشكال البلورات بسبب أوجه أو سطوح وحدات البناء، التي لا تلتقي دائمًا في زوايا قائمة. كما أن أطراف تلك السطوح مختلفة في الطول. وقد استخدمت العلامات a، b، c في الجدول؛ لبيان الأطراف، وقد استخدمت العلامات α, β, γ لبيان الزوايا التي تلتقي عندها السطوح معًا.

الجدول 4-1 **وحدات البناء**

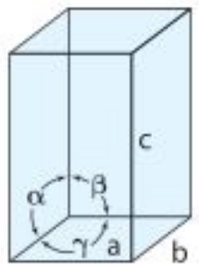
هالايت



$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$

مكعب

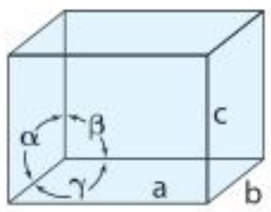
فيزوفيانايت



$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$

رباعي الأوجه

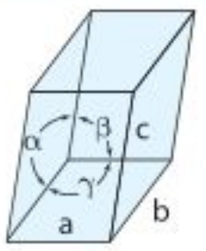
أراجونايت



$a \neq b \neq c$
$\alpha = \beta = \gamma = 90°$

متوازي مستطيلات

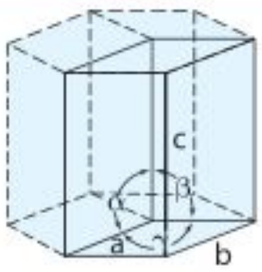
ميكروكلاين



$a \neq b \neq c$
$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$

ثلاثي الميل

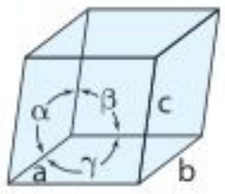
تورمالين



$a = b \neq c$
$\alpha = \beta = 90°,\ \gamma = 120°$

سداسي الأوجه

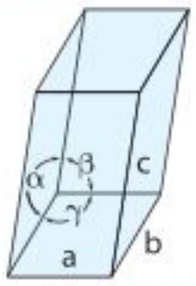
زمرد



$a = b = c$
$\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$

معيني

كروسيت



$a \neq b \neq c$
$\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$

أحادي الميل

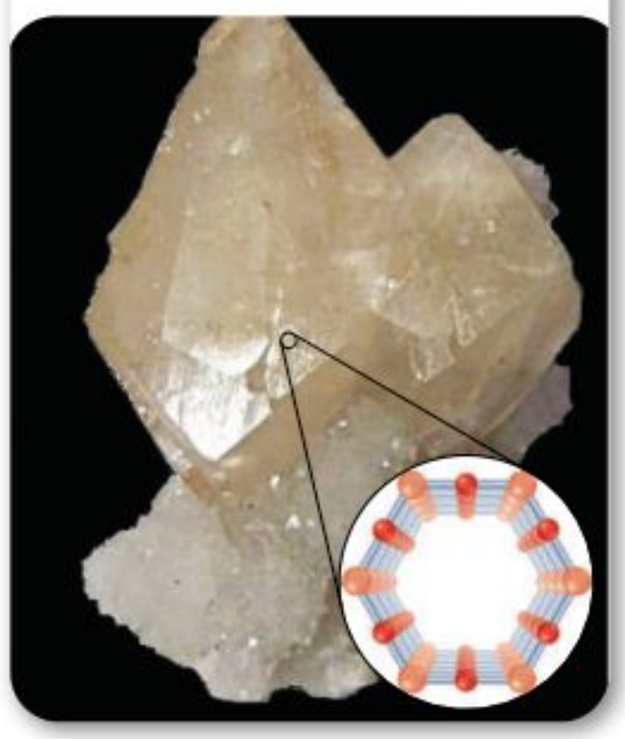
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 5-1 أنواع المواد الصلبة البلورية			
النوع	وحدة الجسيمات	خصائص الحالة الصلبة	أمثلة
ذرية	الذرات	لينة إلى لينة جدًّا، درجة انصهار منخفضة، رديئة التوصيل.	عناصر المجموعة 18
الجزيئية	جسيمات	متوسطة اللين، تتفاوت درجات الانصهار بين المنخفضة والمرتفعة نسبيًّا، رديئة التوصيل.	I_2, H_2O, NH_3, CO_2, $C_{12}H_{22}O_{11}$
التساهمية الشبكية	ترتبط الذرات بروابط تساهمية	صلبة جدًّا، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل عادة.	الألماس C الكوارتز SiO_2
الأيونية	أيونات	صلبة، هشة، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل.	NaCl, KBr, $CaCO_3$
الفلزية	الذرات يحيط بها إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة	لينة إلى صلبة، درجة انصهار بين المنخفضة والمرتفعة، قابلة للسحب والطرق، ممتازة التوصيل.	جميع العناصر الفلزية

تصنيف المواد الصلبة البلورية تصنف هذه المواد تبعًا لنوع الجسيمات المكونة لها، وكيفية ارتباط هذه الجسيمات بعضها ببعض إلى خمس فئات، هي: الصلبة الذرية، الصلبة الجزيئية، الصلبة التساهمية الشبكية، الصلبة الأيونية، الصلبة الفلزية. ويلخص **الجدول 5-1** الخصائص العامة لكل فئة مع إعطاء مثال على كل منها. وتعد الغازات النبيلة عند تجمدها المثال الوحيد على الصلبة الذرية؛ حيث تعكس خواصها قوى التشتت الضعيفة بين ذراتها.

المواد الصلبة الجزيئية ترتبط الجسيمات في هذه المواد إما بقوى التشتت، أو القوى الثنائية القطبية أو الروابط الهيدروجينية. ولا تكون معظم المواد الجزيئية في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة، حتى الماء الذي يستطيع تكوين روابط هيدروجينية قوية يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة. إلا أنَّ بعضَ المركبات الجزيئية ـ ومنها السكر ـ صلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ بسبب كتلتها الجزيئية الكبيرة. تحتوي الجزيئات الكبيرة على الكثير من الروابط الضعيفة التي تجتمع معًا لربط الجزيئات بعضها ببعض، وبسبب عدم احتواء المواد الصلبة الجزيئية على أيونات، تعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية تستطيع ذرات الكربون والسليكون تكوين مواد صلبة تساهمية شبكية؛ بسبب قدرتها على تكوين روابط تساهمية متعددة. ويوضح **الشكل 20-1** التركيب التساهمي الشبكي للكوارتز الذي يحتوي على السليكون. ويستطيع الكربون تكوين ثلاثة أنواع من المواد الصلبة التساهمية الشبكية، هي:



الشكل 20-1 أكثر أنواع الكوارتز شيوعًا هو البلوري السداسي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

نمذجة وحدات بناء البلورة

كيف يمكنك تصميم نماذج فيزيائية توضح تركيب البلورة؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. أحضر مجموعة اطباق من الورق المقوى.
3. استعمل المقص لعمل مكعب من الورق المقوى وثبته بالشريط اللاصق.
4. ارجع إلى الجدول 4-1 واعمل نماذج من الورق المقوى تمثل وحدات بناء البلورات الموضحة فيه.

تحليل النتائج

1. **قوِّم** أي النماذج له ثلاثة محاور متساوية الطول؟ ما وجه الاختلاف بينها؟
2. **حدِّد** أيّ النماذج تتضمن مربعًا ومستطيلًا؟
3. **حدِّد** أيّ النماذج له ثلاثة محاور غير متساوية؟
4. **استنتج** هل البلورات مثالية - في رأيك - أم فيها خلل؟ فسر إجابتك.

الألماس والجرافيت والبكمنستر فوليرين. وتسمى ظاهرة وجود عنصر مثل الكربون بثلاثة أشكال في الحالة الفيزيائية نفسها (صلبة أو سائلة أو غازية) **التآصل**.

المواد الصلبة الأيونية تذكر أن كل أيون في المواد الصلبة الأيونية محاط بأيونات معاكسة له في الشحنة. ويمكن تحديد شكل البلورة وتركيب الشبكة البلورية من خلال نوع هذه الأيونات ونسبة وجودها؛ إذ تعطي قوى التجاذب بين البلورات هذه المركبات الصلابة ودرجات الانصهار العالية. والبلورات الأيونية صلبة، إلا أنها هشة، فعند طرق البلورة الأيونية تزاح الأيونات الموجبة والسالبة من مواقعها، مما يؤدي إلى تنافر بين الشحنات المتشابهة وإلى تكسر البلورة.

المواد الصلبة الفلزية إن الفلزات الصلبة تتكون من أيونات موجبة محاطة ببحر من الإلكترونات المتحركة. وتتفاوت قوة الروابط الفلزية بين الأيونات الموجبة والإلكترونات من فلز إلى آخر، ويفسر هذا الاختلاف الخصائص الفيزيائية للفلزات. فمثلًا، ينصهر القصدير عند 232°C، بينما ينصهر النيكل عند 1455°C. وتجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات قابلةً للطرق والسحب، وعند تسليط قوة على الفلز تتحرك الإلكترونات لتجعل الأيونات مترابطة في مواقعها الجديدة. كما أن الإلكترونات المتحركة هي السبب أيضًا في جعل الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. وتستخدم الأسلاك الفلزية لتوصيل الكهرباء إلى البيوت، كما هو موضح في الشكل **21-1**.

ماذا قرأت؟ **صف** خصائص الفلزات التي تستعمل لصناعة المجوهرات.

الشكل 21-1 تستخدم في البيوت والأعمال والمعدات أسلاكًا فلزية لنقل الكهرباء. والفلز المستخدم في العادة هو النحاس، إلا أن بعض الفلزات الأخرى تستخدم في تطبيقات خاصة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 22-1 استخدم الناس قديمًا الزجاج غير المتبلور (الزجاج البركاني) لعمل رؤوس السهام والسكاكين؛ لأنه يكوّن حواف حادة عند كسره. يتكون الزجاج البركاني عندما تبرد الحمم البركانية بسرعة كبيرة.

المواد الصلبة غير المتبلورة يمكن تعريف **المواد الصلبة غير المتبلورة** بأنها المواد التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرّر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات. وتتكون هذه المواد عادة عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، بحيث لا تسمح للبلورات بالتكون. يبين **الشكل 22-1** مواد صلبة غير متبلورة.

يمثل الزجاج والمطاط والكثير من المواد البلاستيكية مواد صلبة غير متبلورة. وقد بيّنت بعض الدراسات الحديثة احتمال وجود تركيب بلّوري للزجاج، فعند استخدام انحراف أشعة X في دراسة الزجاج لم يظهر وجود نمط معين في توزيع الذرات، ولكن عند استخدام النيوترونات بدلاً من أشعة X أمكن تعرّف عدة أنماط منتظمة من وحدات السليكات في بعض المناطق. ويأمل الباحثون في استخدام هذه المعلومات للتحكم في تركيب الزجاج في التطبيقات البصرية وإنتاج الألياف البصرية.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 1-3

الخلاصة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنّف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

18. الفكرة الرئيسة **قارن** بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.
19. **صف** العوامل المؤثرة في اللزوجة.
20. **فسّر** سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.
21. **قارن** بين وحدة البناء والشبكة البلورية.
22. **صف** الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.
23. **فسر** سبب تكوين سطح الماء بشكل هلالي في المخبار المدرج.
24. **استنتج** سبب تكون سطح الزئبق في المخبار المدرّج على صورة سطح محدب.
25. **توقع** أيّ المواد الصلبة تكون غير متبلورة: المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟
26. **صمّم** من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبلً أن يغرق. صمم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–4

تغيرات الحالة الفيزيائية Phase Changes

الأهداف

- **تفسّر** كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية للمادة.
- **تفسر** مخطط الحالة الفيزيائية للمادة.

مراجعة المفردات

تغير الحالة: هو تغير المادة من حالة إلى أخرى.

المفردات الجديدة

درجة الانصهار
التبخر
التبخر السطحي
ضغط البخار
درجة الغليان
درجة التجمد
التكاثف
الترسب
مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)
النقطة الثلاثية
النقطة الحرجة

الفكرة الرئيسة **تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.**

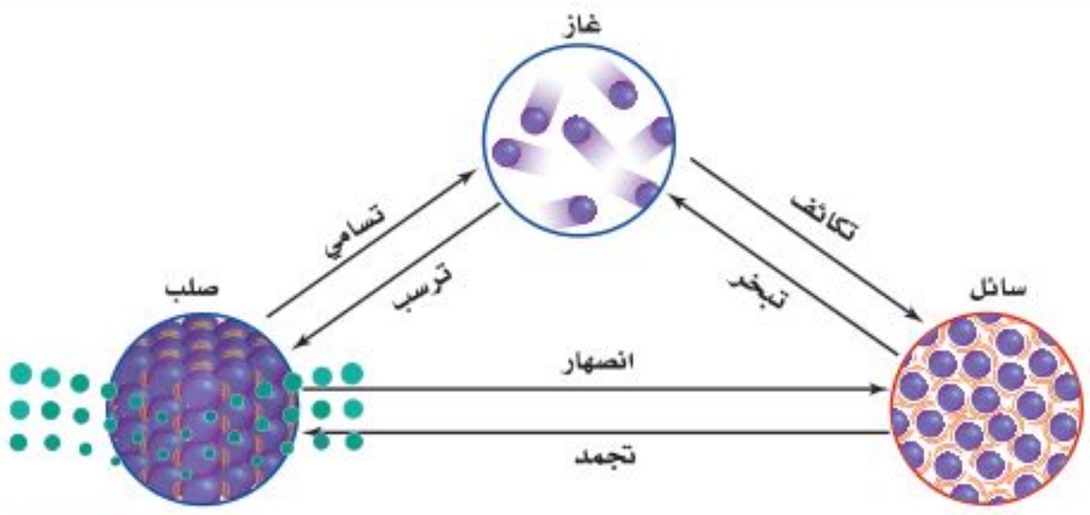
الربط مع الحياة هل تساءلت يومًا أين تذهب المادة الصلبة الموجودة في ملطف الجو؟ تكون مادة ملطف الجو صلبة، وتعطي رائحة قوية عند فتحها لأول مرة، ومع الأيام تقلّ المادة الصلبة، وفي النهاية لا يتبقى منها شيء تقريبًا، ويكون قد حان وقت وضع قطعة أخرى مكانها. لماذا لم تلاحظ تكون كمية من السائل، كتلك التي تنشأ عن الانصهار؟

تغيرات الحالة الفيزيائية الماصة للطاقة
Phase Changes That Require Energy

توجد معظم المواد في ثلاث حالات؛ اعتمادًا على درجة الحرارة والضغط. وتوجد بعض المواد، ومنها الماء، في الحالات الثلاث تحت الظروف الطبيعية. وعند وجود حالتين للمادة ممزوجتين معًا بصورة غير متجانسة يقال إن هناك طورين للمادة. فالماء الثلج عبارة عن خليط غير متجانس من طورين، الماء السائل والثلْج الصلب.

وعند إضافة أو انتزاع الطاقة من نظام معين تتغير حالة المادة الفيزيائية إلى حالة أخرى، كما هو ظاهر في **الشكل 23-1**؛ وذلك لأن حالات الماء ـ الثلج والسائل وبخار الماء ـ مألوفة لديك، وقد راقبت تغيراتها، لذا يمكن استخدام الماء مثالًا أساسيًّا على مناقشة تغيرات حالات المادة.

الانصهار ماذا يحدث لمكعبات الثلج في كوب من الماء؟ عند وضع مكعب ثلج في الماء تكون درجة حرارة الماء أعلى من درجة حرارة الثلج، فتتدفق الحرارة من الماء إلى مكعب الثلج. فالحرارة هي انتقال الطاقة من جسم درجة حرارته أعلى إلى جسم درجة حرارته أخفض. ولا تستخدم الطاقة التي يمتصها مكعب الثلج لرفع درجة حرارته عند درجة انصهاره، بل على عكس ذلك فهي تضعف الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الثلج، فعندما تمتص الجسيمات على سطح مكعب الثلج طاقة كافية لتكسير الروابط الهيدروجينية التي تربط جسيمات الماء معًا في مكعبات الثلج عندها تتحرك جسيمات السطح مبتعدًا بعضها عن بعض لتدخل في الحالة السائلة. وفي أثناء حركة الجسيمات تتقلص قطعة الثلج، وتستمر العملية حتى تنصهر قطعة الثلج كاملةً. إذا تركت مكعبات الثلج على طاولة فمن أين تأتي الطاقة اللازمة لتنصهر المكعبات؟



الشكل 23-1 يوضح الشكل التحولات الستة المحتملة بين حالات المادة.

حدد ما تغيرات الحالة الفيزيائية التي تحدث بين المواد الصلبة والمواد السائلة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء في واقع الحياة

التبخر

التعرق التبخر السطحي من طرائق تحكم الجسم في درجة حرارته. فعندما تشعر بالسخونة يبدأ الجسم في إفراز العرق من الغدد العرقية الموجودة على سطح الجلد، وتمتص جسيمات الماء في العرق الحرارة من سطح الجلد وتتبخر، وبذلك يتم امتصاص الحرارة من أجزاء الجسم جميعها إلى الجلد عن طريق الدم.

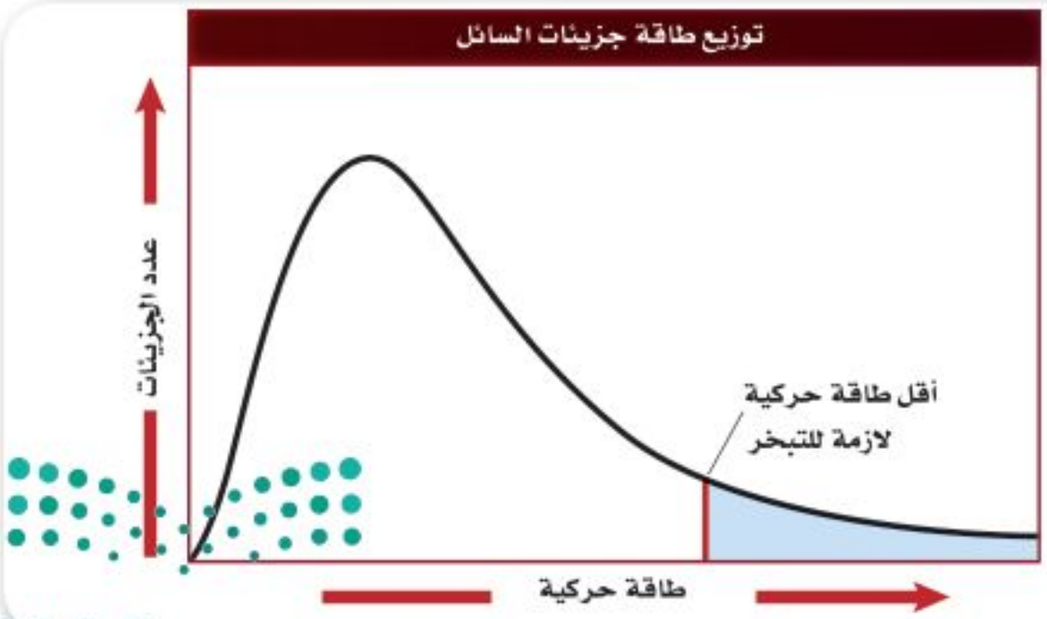
تعتمد كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة على قوة التجاذب بين جسيمات المادة. ولأن الروابط الهيدروجينية الموجودة بين جسيمات الماء قوية فإن كمية الطاقة اللازمة لصهر الثلج تكون عالية نسبيًّا. إلا أن الطاقة اللازمة لصهر الثلج أقل كثيرًا من الطاقة اللازمة لصهر كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)؛ حيث إن قوة التجاذب بين الأيونات أكبر كثيرًا من الروابط الهيدروجينية التي في الثلج.

إن درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في الحالة السائلة والصلبة هي من الخصائص الفيزيائية المميزة للكثير من المواد الصلبة. **فدرجة انصهار** المادة الصلبة المتبلورة هي درجة الحرارة التي تتكسر عندها القوى التي تربط جسيمات الشبكة البلورية بعضها ببعض، فتتحول المادة إلى الحالة السائلة. من الصعب تحديد درجة الانصهار بشكل دقيق للمواد غير المتبلورة؛ لأنها تنصهر عند درجات حرارة أعلى من درجات انصهارها، وذلك لأن الانصهار لا يتم عند درجة حرارة ثابتة بسبب عشوائية تركيبها، إذ عندما يبدأ الانصهار تستمر درجة الحرارة بالارتفاع لذلك يصعب تحديد نقطة الإنصهار.

التبخر عندما ينصهر مكعب ثلْج تبقى درجة حرارة الماء والثلج ثابتة لا تتغير. وعندما يتحول الثلج كله إلى ماء سائل ويكتسب النظام طاقة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، وترتفع درجة حرارة النظام. حيث تكون طاقة بعض جسيمات الماء أعلى من طاقة الجسيمات الأخرى. ويوضح **الشكل 24-1** توزيع طاقة الجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C؛ حيث تدل المنطقة المظللة على الجسيمات التي لها طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين جسيمات السائل.

اختبار الرسم البياني؟ **صف** ما يحدث للجسيمات في المنطقة المظللة في الشكل **24-1**.

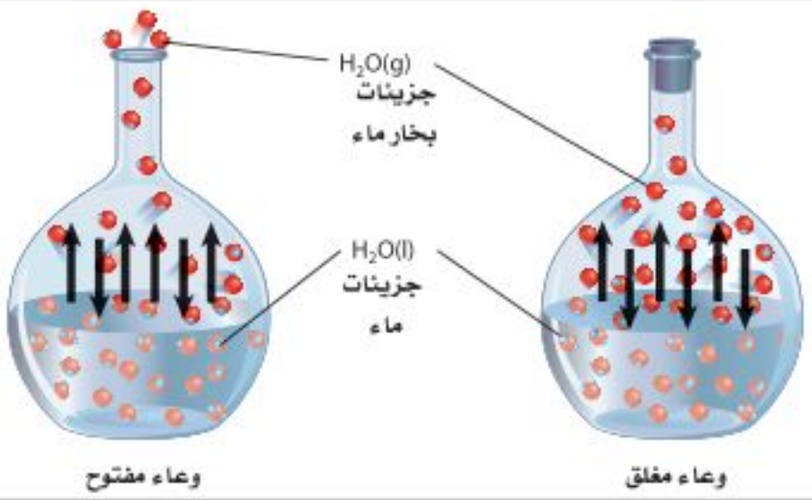
عندما تترك الجسيماتُ السائلَ فإنها تدخل في الحالة الغازية. وتسمى الحالة الغازية للمواد التي تكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة البخار.



الشكل 24-1 يوضح الرسم البياني التوزيع المثالي للطاقة الحركية للجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C. وتقع أكبر طاقة محتملة للجسيمات على قمة المنحنى.

صف شكل المنحنى للسائل نفسه عند 30°C.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 25-1 يحدث التبخر في كلا الوعائين المغلق والمفتوح. تخرج جسيمات الماء المتبخرة من الوعاء المفتوح بينما تبقى في الوعاء المغلق، حيث يتكاثف الماء ويتجمع فوق السائل.

والتبخر هو العملية التي يتحول من خلالها السائل إلى غاز أو بخار.

وإذا كان التسخين تدريجيًّا فإن جسيمات سطح السائل تحاول الإفلات والتحول إلى غاز. تذكر أن الجسيمات عند سطح السائل تكون مرتبطة بعدد أقل من الروابط مقارنة بالجسيمات الموجودة داخل السائل.

وعندما يحدث التبخر عند سطح السائل فقط تعرف هذه العملية **بالتبخر السطحي**. ويحدث التبخر لجزيئات الماء على السطح حتى في درجات الحرارة المنخفضة؛ لأن بعض الجزيئات تكون لها طاقة كافية للتحول إلى بخار، ومع زيادة درجة الحرارة يزداد عدد الجسيمات التي تتحول إلى الحالة الغازية.

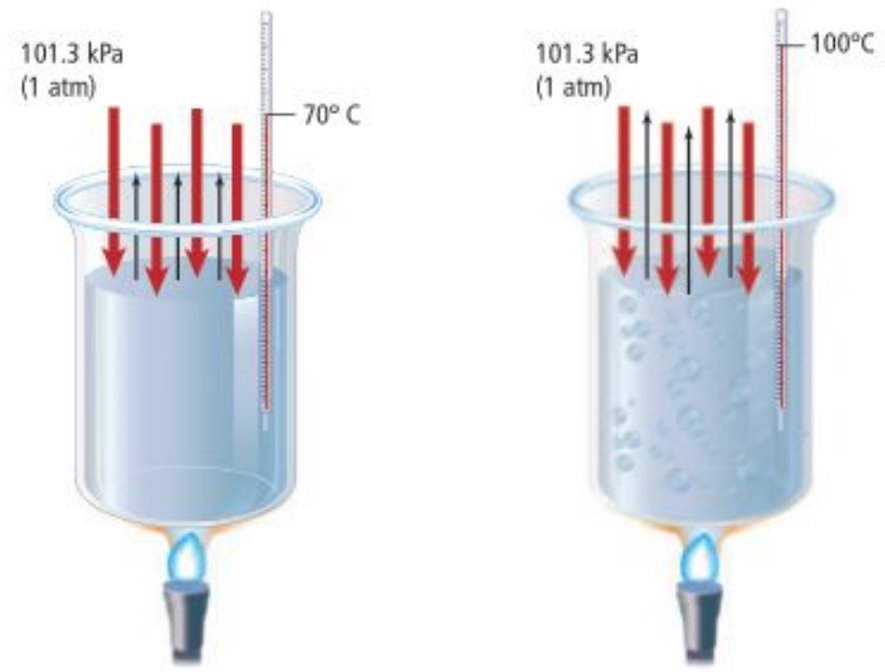
يوضح **الشكل 25-1** مقارنة بين التبخر في وعاء مغلق وآخر مفتوح. فالماء الذي في الوعاء المفتوح تتبخر كافة جزيئاته من السطح ويختفي في النهاية. ويعتمد الزمن اللازم لتبخر هذه الجزيئات كافة من السطح على كمية الماء والطاقة المتوافرة. أما الذي يكون في الوعاء المغلق فتكون الحالة مختلفة تمامًا؛ حيث يتجمع بخار الماء فوق سطح السائل، ويولد ضغطًا على سطحه يعرف **بضغط البخار**.

تسمى درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الخارجي أو الضغط الجوي **درجة الغليان**. استخدم **الشكل 26-1** لمقارنة ما يحدث للسائل عند درجة غليانه بما يحدث له عند درجات حرارة أقل من درجة غليانه. للجسيمات جميعها عند درجة الغليان طاقة كافية للتبخر، وتتكون فقاقيع بخار السائل تحت سطح السائل، ثم ترتفع إلى السطح.

تجربة عملية

درجات الغليان

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية



الشكل 26-1 عندما ترتفع درجة الحرارة تكتسب جسيمات الماء طاقة حركية، فيزداد ضغط البخار (الأسهم السوداء) ولكنه أقل من الضغط الجوي (الأسهم الحمراء). ويصل السائل إلى درجة غليانه عندما يصبح ضغط البخار مساويًا للضغط الجوي. وتكون درجة غليان الماء عند سطح البحر 100°C.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 27-1 تحفظ قطع اللحم مبردة بوساطة الجليد الجاف.

وضّح لماذا يفضل الجليد الجاف على الثلج العادي في تبريد اللحوم ومشتقاتها في أثناء الشحن؟

التسامي هو تحول المادة مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة. فمثلًا، يتسامى كلًّا من اليود الصلب وثاني أكسيد الكربون الصلب (الجليد الجاف) عند درجة حرارة الغرفة. ويستخدم الجليد الجاف الظاهر في **الشكل 27-1** للحفاظ على برودة المواد في أثناء الشحن، وبخاصة المواد التي تتلف من انصهار الثلج. وتتسامى كرات العث التي تحتوي على مادة النفثالين أو بيتا ثنائي كلورو البنزين، وكذلك معطرات الجو الصلبة.

تغيرات الحالة الفيزيائية الطاردة للطاقة
Phase Changes That Release Energy

هل استيقظت صباح يوم بارد فلاحظت صقيعًا على نافذة منزلك، أو نقاطًا من الندى تغطي زجاج السيارات؟ هل لاحظت قطرات من الماء تتكون على سطح كأس ماء ثلج من الخارج؟ هذه الظواهر مثال على تغيرات الحالة التي تطلق الطاقة إلى محيطها.

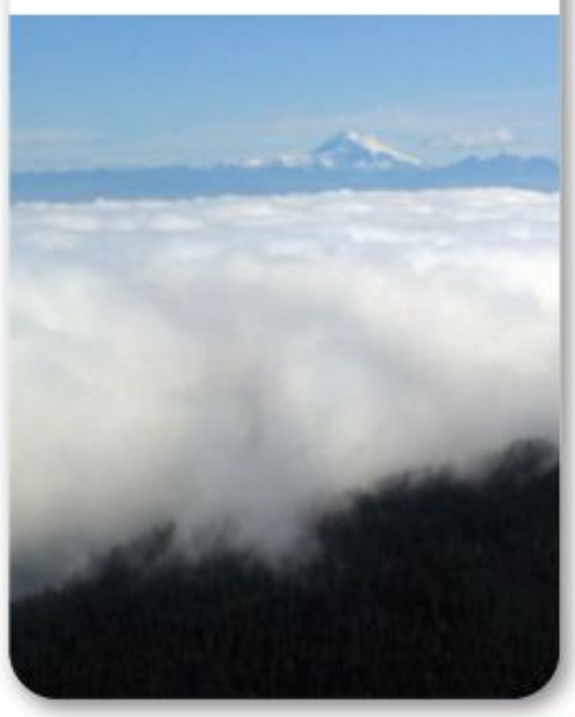
التجمّد افترض أنك وضعت كأس ماء في مجمد الثلاجة، فخلال عملية التبريد يفقد الماء الحرارة، فتفقد جسيمات الماء طاقتها الحركية، وتقل سرعتها، ويصبح انزلاق بعضها حول بعض أقل. وعندما تُفقد طاقة حركية كافية تُبقي الروابطُ الهيدروجينية التي بين جسيمات الماء الجسيماتِ ثابتةً في مواقعها ومتجمدة. والتجمد عكس الانصهار. وتعرف **درجة التجمد** بأنها درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب بلوري.

التكاثف عندما تفقد جسيمات بخار الماء الطاقة فإن سرعتها تقل وتصبح قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية بين بعضها مع البعض أكبر. وينتج عن تكون الروابط الهيدروجينية طاقة حرارية، مما يعني تغير حالة البخار إلى الحالة السائلة. وتعرف عملية تحول البخار إلى سائل **بالتكاثف**، وهي عكس عملية التبخر. هناك العديد من العوامل المساهمة في التكاثف، إلا أن عملية التكاثف تتضمن انتقال الطاقة الحرارية. فعلى سبيل المثال، عندما تلامس جسيمات بخار الماء سطحًا باردًا مثل سطح كأس ماء ثلج تنتقل الطاقة الحرارية من جسيمات بخار الماء إلى الكأس الباردة، فتتكاثف هذه الجسيمات على السطح الخارجي للكأس. وتحدث العملية نفسها في أثناء الليل عندما تتكاثف جسيمات بخار الماء الموجودة في الهواء مكونة قطرات الندى على زجاج السيارة وأوراق النباتات أو الأعشاب أو أي سطح بارد.

الربط مع علم الأرض تَنتج السحب والضباب والأمطار جميعها عن التكاثف. وتتكون كل هذه الظواهر عندما يمر الهواء المشبع ببخار الماء فوق أرض باردة أو مسطح مائي. ويحتاج تكونها إلى عامل آخر، هو جسيمات صلبة صغيرة جدًّا معلقة في الهواء تسمى نوى التكاثف. يمكن أن تكون هذه الجسيمات غبارًا أو سناجًا أو رذاذًا (aerosols)، ومن ذلك ثاني أكسيد الكبريت أو أكسيد النيتروجين الذي يتكاثف عليه بخار الماء. وقد يستقر الهواء الدافئ في بعض الحالات فوق الهواء البارد، وهو ما يعرف بالانقلاب الحراري. ويبين **الشكل 28-1** ضبابًا ناتجًا عن هذا الانقلاب.

ماذا قرأت؟ **صف** تكاثف بخار الماء في الجو.

الشكل 28-1 عادة يصبح الهواء أكثر برودة مع الارتفاع. يحدث انقلاب درجة الحرارة عندما تنعكس الحالة ويصبح الهواء أكثر دفئًا عند المرتفعات وهذا الانقلاب قد يحصر الدخان فوق المدن والضباب في وديان الجبال.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الترسب عندما يلامس بخار الماء سطح نافذة باردة في الشتاء تتكون قطرات صلبة على النافذة تسمى الصقيع. **فالترسب** هو عملية تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة، وهي عكس التسامي، فتتكون رقائق الثلج عندما يتحول بخار الماء الموجود في طبقات الجو العليا إلى بلورات من الثلج الصلب، وتنبعث الطاقة خلال تكونها.

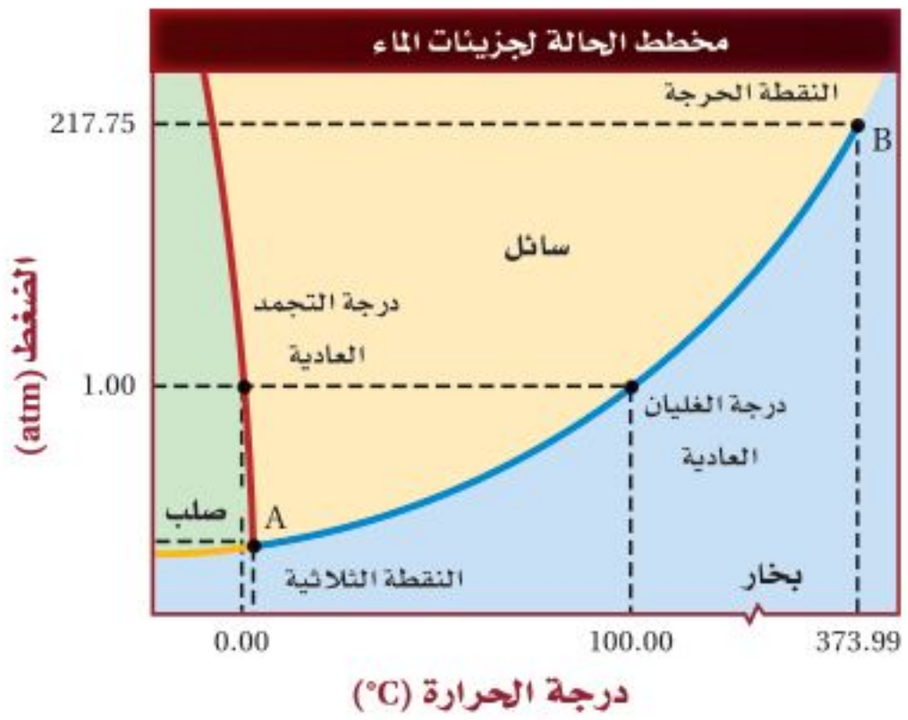
مخطط الحالة الفيزيائية (الطور) Phase Diagram

يتحكم متغيران معًا في حالة المادة، هما: الضغط ودرجة الحرارة. ولهذين المتغيرين تأثيرات عكسية على المادة. حيث تعمل زيادة درجة الحرارة مثلًا على رفع معدل تبخر الماء، بينما تعمل زيادة الضغط على رفع معدل تكاثف البخار. **ومخطط الحالة الفيزيائية (الطور)** رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يوضح حالة المادة تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والضغط.

يظهر **الشكل 29-1** مخطط الطور للماء، حيث يمكن استخدامه لتخمين حالة الماء عند أي درجة حرارة وضغط. لاحظ وجود ثلاث مناطق تمثل الحالة الفيزيائية: صلب وسائل وغاز، إضافة إلى وجود ثلاثة منحنيات تفصل هذه المناطق بعضها عن بعض. يوجد عند أي نقطة على امتداد خط المنحنى حالتان فيزيائيتان معًا للماء. يوضّح المنحنى الأصفر القصير ظروف الضغط والحرارة التي يوجد عندها بخار وثلج معًا. أما المنحنى الأزرق الطويل فيوضح ظروف الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة سائل وبخار معًا، في حين يوضح المنحنى الأحمر الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة ثلج وسائل معًا.

تسمى النقطة (A) التي تتقاطع عندها المنحنيات الحمراء والزرقاء والصفراء النقطة الثلاثية للماء. و**النقطة الثلاثية** نقطة على الرسم البياني تمثل درجة الحرارة والضغط؛ حيث يوجد عندها الماء في حالاته الثلاث معًا.

ويمكن للتغيرات الستة كلها أن تحدث عند النقطة الثلاثية: التجمد والانصهار والتبخر والتكاثف والتسامي والترسب. وتعرف النقطة (B) بـ**النقطة الحرجة**، وهي النقطة التي تمثل كلًا من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة. وإذا وجد بخار الماء عند درجة الحرارة الحرجة فلا يمكن لزيادة الضغط أن تحول بخار الماء إلى سائل.



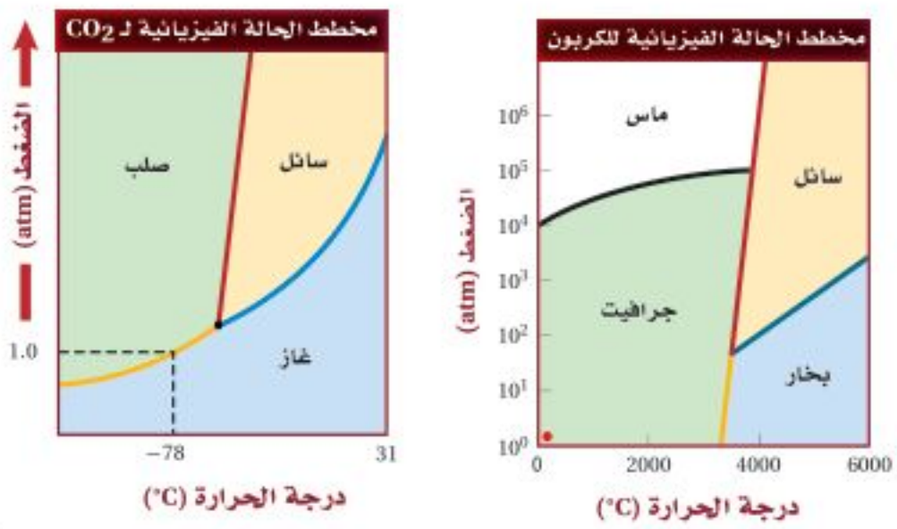
الشكل 29-1 يوضح هذا الرسم مخطط الطور للماء عند درجات حرارة وضغوط مختلفة.

اختبار الرسم البياني؟

حدد حالة الماء الفيزيائية عند درجة حرارة 100.00°C وضغط (2.00atm).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار الرسم البياني؟ **قارن** بين ميل المنحنى الأحمر في كلا الرسمين البيانيين لكل من الماء وثاني أكسيد الكربون. كيف يختلف تأثير كل من الماء وثاني أكسيد الكربون في التفاعلات بارتفاع الضغط عند المنحنى صلب/ سائل؟



الشكل 30-1 يظهر مخطط الطور معلومات مفيدة، منها: لماذا يتسامى ثاني أكسيد الكربون في الظروف العادية؟ وسبب وجود نوعين من الكربون الصلب.

تجربة عملية

نوى التجمد

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

يختلف مخطط الطور للموادّ؛ وذلك بسبب اختلاف درجات تجمدها وغليانها. ومع ذلك يعطي كل مخطط المعلومات نفسها عن الحالة الفيزيائية والنقطة الثلاثية. لذا فإنك ستغير اختيار مدى درجات الحرارة ليعكس الخصائص الفيزيائية للمادة.

يُظهر مخطط الطور معلومات مهمة عن المواد. فعلى سبيل المثال، يوضح مخطط الطور لثاني أكسيد الكربون في **الشكل 30-1** سبب تسامي ثاني أكسيد الكربون تحت الظروف العادية. إذا بحثت عن 1.0 atm على منحنى ثاني أكسيد الكربون، وتتبعت الخط المنقط للمنحنى الأصفر فستجد أن ثاني أكسيد الكربون يتغير من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية عند 1atm فقط. وإذا مددت الخط المنقط إلى ما بعد المنحنى الأصفر فسيُظهر الشكل أن ثاني أكسيد الكربون لا يتحول إلى سائل مع زيادة درجة الحرارة، بل يبقى في الحالة الغازية.

يظهر الشكل الأيمن مخطط الطور للكربون. لاحظ احتواء الرسم على متآصلين للكربون في منطقة الحالة الصلبة: الجرافيت وهو الحالة المستقرة للكربون عند درجة الحرارة والضغط العاديين والمحددة بالنقطة الحمراء. والألماس الأكثر استقرارًا عند درجات الحرارة والضغط العاليين. والألماس الموجود عند درجة حرارة الغرفة وضغطها يتكوَّن في الأصل عند درجة حرارة وضغط عاليين.

التقويم 1-4

الخلاصة

- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الطور تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة.

27. **الفكرة الرئيسة** **اشرح** كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية؟
28. **فسر** الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمد.
29. **قارن** بين الترسب والتسامي.
30. **قارن** بين التسامي والتبخر.
31. **صف** المعلومات التي يوضحها مخطط الطور.
32. **فسر** ماذا تمثل كل من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الطور؟
33. **حدد** الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على **الشكل 29-1**، عند درجة حرارة 75.00°C وضغط (3.00 atm).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء في واقع الحياة

كيمياء الكاكاو

الشوكولاتة مادة غذائية، موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والمكسيك. وقد نقل هنري كورتز حبوب الكاكاو وطريقة صناعة مشروب الشوكولاتة إلى إسبانيا، بعدما قدم حاكم الأزتيك مونتيزوما في عام 1519م المشروب المر لحبوب الكاكاو، حيث أصبح مشروب الشوكولاتة من المشروبات المشهورة والغالية. بقيت الشوكولاتة من المنتجات الغذائية الخاصة بالأغنياء حتى منتصف القرن التاسع عشر، عندما أصبح ثمنها في متناول عامة الناس، وقد تحسنت تقنيات معالجتها.

لا تشبه الشوكولاتة المقدمة الآن ما تم تقديمه في قصر مونتيزوما؛ فقد أعطت تقنيات المعالجة، وكذلك المواد المضافة إلى الشوكولاتة، ما نستمتع به اليوم من سلاسة وحلاوة ولذة.

تنصهر في فمك تتكون الشوكولاتة من مزيج من الكاكاو، وزبد الكاكاو، ومكونات أخرى تشكّل مزيجًا صلبًا عند درجة حرارة الغرفة، ولكنه ينصهر في الفم. لماذا؟ يعود ذلك إلى أن أهم مكونات الشوكولاتة هو زبد الكاكاو، وهو دهن ينصهر عند درجة حرارة الجسم.

حجم الجسيمات تكُون الشوكولاتة سائلة في أثناء عملية التحضير، ويغلف زبدُ الكاكاو المنصهر جسيمات الكاكاو الصلبة، إضافة إلى السكر والحليب. ويجب ألا تكون هذه الجسيمات الصلبة كبيرة وإلا أصبحت الشوكولاتة على هيئة حبيبات في الفم. ويجب أن يكون قطر الجسيمات بصورة عامة ما بين 2.0×10^{-5} m و 3.0×10^{-5} m تقريبًا.

السيطرة على التدفق وكما تلاحظ من الشكل (1) للعدد الكبير من الجسيمات الصغيرة مساحة سطحية أكبر من قطعة واحدة لها الكتلة نفسها.

الشكل 1 على الرغم من أن كتلة الجسيمات متساوية إلا أن زيادة مساحة سطح الجسيمات تسمح بزيادة كمية زبد الكاكاو الذي يغطي الجسيمات، مما يزيد من تدفق الشوكولاتة.

الشكل 2 تتم معالجة الشوكولاتة ببطء، حتى يظهر التركيب البلوري فيها مما يعطي للشوكولاتة المظهر الخاص به.

تتطلب جسيمات الشوكولاتة الأصغر حجمًا كمية أكبر من زبد الكاكاو لتغطية سطحها الصلب، ويسمح المزيد من زبد الكاكاو بين الجسيمات الصلبة بانسياب الشوكولاتة.

الملمس السلس إذا احتوت الشوكولاتة على كمية قليلة من زبد الكاكاو بين جسيماتها الصلبة فإنها تصبح لزجة جدًّا ما يمنع انسيابها في القالب. ولتحسين انسياب الشوكولاتة دون تكبير مساحة السطح يقوم المصنعون بإضافة المزيد من زبد الكاكاو، أو مستحلب الليستين إلى المزيج، وهو مادة دهنية تستخرج من حبوب الصويا، تساعد على إبقاء جسيمات الزبد معلقة بتجانس في الشوكولاتة.

التبلور والخطوة الأخرى المهمة في عملية تصنيع الشوكولاتة هي الرّج. ويتم التحكم خلال هذه العملية في درجة حرارة الشوكولاتة بحرص؛ للتأكد من تكون البلورات المطلوبة. وإذا لم يتمّ رج الشوكولاتة بصورة مناسبة تتكون بلورات تعطي نوعًا رديئًا من الشوكولاتة. ويؤدي تشكيل الشوكولاتةَ بصورة بلورات – كما هو ظاهر في **الشكل (2)** – إلى جعلها أكثر صلابة ولمعانًا، ويسهل قضمها، وتنصهر عند درجة حرارة الجسم.

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن معلومات أخرى عن الشوكولاتة، ثم اكتب تقريرًا قصيرًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

مقارنة معدلات التبخر

الخلفية النظرية: تحدد عدة عوامل سرعة التبخر السطحي لعينة من السائل. ويعد حجم السائل العامل الرئيس؛ حيث تحتاج قطرة واحدة من الماء لكي تتبخر إلى زمن أقل من الزمن اللازم لتبخر لتر من الماء. أما كمية الطاقة المعطاة للعينة فهي عامل آخر.

سؤال: كيف تؤثر القوى بين الجزيئية في سرعة تبخر السوائل؟

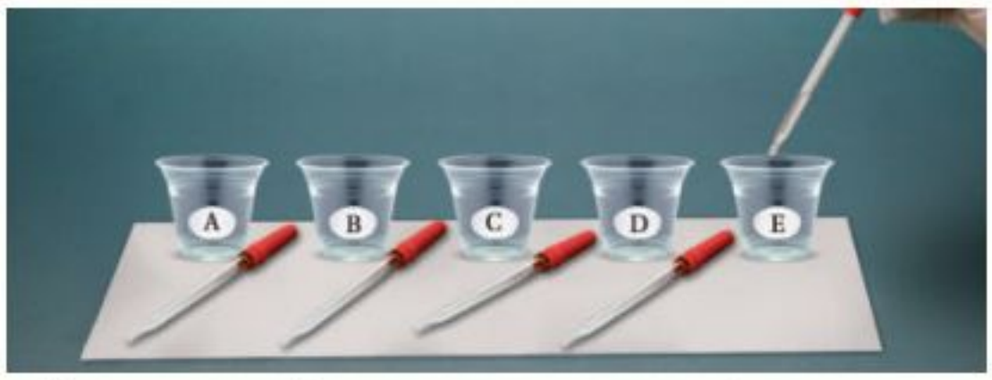
المواد والأدوات اللازمة

ماء مقطر	5 قطارات
إيثانول	5 أكواب بلاستيكية صغيرة
أيزوبروبيل الكحول	قلم تخطيط
أسيتون	ورقة شمعية
أمونيا (منزلية)	ساعة إيقاف

احتياطات السلامة

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدول بيانات لتسجيل البيانات.
3. عنون الأكواب بالرموز A، B، C، D، E؛ حيث (A: ماء مقطر، B: إيثانول، C: أيزوبروبيل الكحول، D: أسيتون، E: أمونيا منزلية).
4. ضع 1 mL من الماء المقطر في الكوب (A) باستخدام قطارة، ثم ضع القطارة بجانب الكوب، وكرر العملية نفسها مع السوائل الأخرى.
5. ضع ورقة شمعية على الطاولة، وحدد عليها خمس نقاط لتضع عليها القطرات التي ستفحصها.
6. أعدّ ساعة الإيقاف، وضع قطرة واحدة من الماء المقطر على المكان المحدّد على الورقة الشمعية، ثم احسب الوقت اللازم لتبخر نقطة الماء. وإذا احتاجت النقطة إلى أكثر من 5 دقائق (300 s) فسجل ذلك في جدولك في صورة (> 300 ثانية).
7. كرر الخطوة 6 مع السوائل الأربعة الأخرى.



8. استخدم الخطوات السابقة لتصميم تجربة لتلاحظ تأثير الحرارة في سرعة التبخر السطحي للإيثانول. سوف يزودك معلمك بعينة من الإيثانول الدافئ.
9. **التنظيف والتخلص من النفايات** نظف أدوات المختبر كما يرشدك معلمك.

حلل واستنتج

1. **صنف** أي السوائل تتبخر بسرعة، وأيها ببطء؟
2. **قوّم** اعتمادًا على البيانات، أي السوائل كانت فيها قوى التجاذب بين الجزيئية قوى تشتت؟
3. **فكر** ما العلاقة بين التوتر السطحي وبين شكل نقطة السائل؟ ما قوى التجاذب التي تزيد من التوتر السطحي للسائل؟
4. **قوّم** كحول الأيزوبروبيل الذي استخدمته مزيج من كحول وماء. هل يتبخر الكحول النقي أسرع من خليط الكحول والماء، أم أبطأ منه؟ فسر إجابتك.
5. **قوّم** الأمونيا المنزلية مزيج من الأمونيا والماء. اعتمادًا على البيانات التي جمعتها، هل يوجد أمونيا أم ماء أكثر في المزيج؟ فسر إجابتك.
6. **قوّم** كيف يمكن مقارنة سرعة تبخر الإيثانول الساخن مع الإيثانول عند درجة حرارة الغرفة؟
7. **شارك** بياناتك مع زملائك في الصف.
8. **تحليل الخطأ** ما التغيرات التي يمكن إدخالها على الإجراءات السابقة لتجعل التجربة أكثر دقة؟

استقصاء

تصميم تجربة كيف يؤثر اختلاف مساحة السطح في نتائج التجربة؟ صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسة تتمدّد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة جدًّا دائمة الحركة.

المفردات

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط
- البارومتر
- المانومتر
- باسكال
- الضغط الجوي
- قانون دالتون للضغوط الجزئية

المفاهيم الرئيسة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يُستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يُستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل سرعة انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسة تحدّد القوى بين الجزيئات – ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية – حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- قوى التشتت
- القوى الثنائية القطبية
- الرابطة الهيدروجينية

المفاهيم الرئيسة

- القوى الجزيئية أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشتت قوى بين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

1-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسة لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

المفردات

- اللزوجة
- التوتر السطحي
- عوامل خافضة للتوتر السطحي
- المادة الصلبة المتبلورة
- وحدة البناء
- التآصل
- المواد الصلبة غير المتبلورة

المفاهيم الرئيسة

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد السائلة والصلبة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1-4 تغيرات الحالة الفزيائية

الفكرة الرئيسة تتغير حالة المادة عنـــد إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

المفردات

- درجة الانصهار
- التبخر
- التبخر السطحي
- ضغط البخار
- درجة الغليان
- درجة التجمد
- التكاثف
- الترسب
- مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)
- النقطة الثلاثية
- النقطة الحرجة

المفاهيم الرئيسة

- تســمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الطور تأثــير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة الفيزيائية.

1-1

إتقان المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟

35. كيف تتغير الطاقة الحركية للجسيمات تبعًا لدرجات الحرارة؟

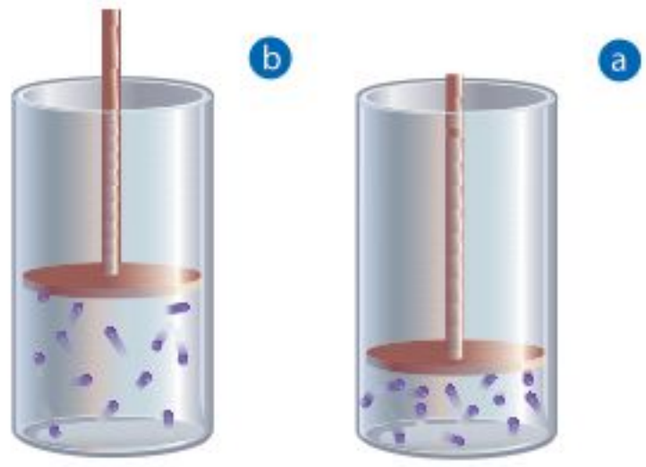
36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدد والانضغاط.

37. اذكر افتراضات نظرية الحركة الجزيئية.

38. صف الصفات العامة للغازات.

39. قارن بين الانتشار والتدفق، ثم فسّر العلاقة بين سرعة هذه العمليات والكتلة المولية للغاز.

40. في **الشكل 31-1**، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 31-1

41. صناعة الخبز فسّر لماذا تختلف تعليمات طريقة عمل الخبز الموجودة على علبة المكونات في المناطق المنخفضة والمرتفعة؟ وهل تتوقع أن يكون الزمن اللازم لعمل الخبز أطول أم أقصر عند الارتفاعات العالية؟

إتقان المسائل

42. ما الكتلة المولية لغاز يتدفق 3 مرات أبطأ من الهيليوم؟

43. ما نسبة سرعة تدفق الكريبتون إلى النيون عند نفس درجة الحرارة والضغط؟

44. احسب الكتلة المولية لغاز سرعة تدفقه أسرع 3 مرات من الأكسجين تحت الظروف نفسها.

45. ما الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في عينة هواء، إذا كان الضغط الكلي لها 1.00 atm والضغط الجزئي للنيتروجين 0.799 atm وللأكسجين 0.20 atm وللغازات الأخرى المتبقية 0.0044 atm؟

46. ما ضغط الغاز الكلي في دورق مغلق يحتوي على أكسجين له ضغط جزئي يساوي 0.41 atm وبخار ماء له ضغط جزئي يساوي 0.58 atm ؟

47. تبلغ قيمة الضغط عند قمة أعلى جبل في العالم، قمة إفرست، 33.6kPa تقريبًا، حوّل قيمة الضغط إلى وحدة ضغط جوي atm، ثم قارن بين هذا الضغط والضغط عند سطح البحر.

48. ارتفاعات عالية يساوي الضغط الجوي عند قمة أحد جبال المملكة 84.0 kPa تقريبًا. ما قيمة الضغط بوحدتي atm وtorr؟

49. يساوي الضغط على عمق 76.21 m في المحيط 8.4 atm تقريبًا. ما قيمة الضغط بوحدتي kPa و mmHg؟

50. يمثل **الشكل 32-1** تجربة؛ إذ يملأ الدورق الأيسر فيها بغاز الكلور، ويملأ الدورق الأيمن بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح الصمام بينهما. افترض أن درجة حرارة النظام ثابتة خلال التجربة.

الشكل 32-1

1-2

إتقان المفاهيم

51. وضح الفرق بين القطبية المؤقتة والقطبية الدائمة.

52. لماذا تعد قوى التشتت أضعف من القوى الثنائية القطبية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

53. فسر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم القوى الثنائية القطبية؟

54. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئات وقوى التجاذب الجزيئية.

55. لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية بعضها مع بعض أقوى من تجاذب الجزيئات الكروية غير القطبية التي لها التركيب نفسه؟

إتقان المسائل

56. الجزيئات القطبية استخدم الاختلاف في الكهروسالبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:

HF .a HBr .b NO.c CO.d

57. ارسم تجاذبًا ثنائي القطبية بين جزيئين من CO.

58. أي المواد الآتية تكوِّن روابط هيدروجينية؟

H_2O .a H_2O_2 .b HF.c NH_3.d

59. أي الجسيمات الآتية يكوّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جسيمات منها موضحًا ترابطهما معًا بوساطة الروابط الهيدروجينية.

NaCl .a $MgCl_2$ .b H_2O_2.c CO_2 .d

1-3

إتقان المفاهيم

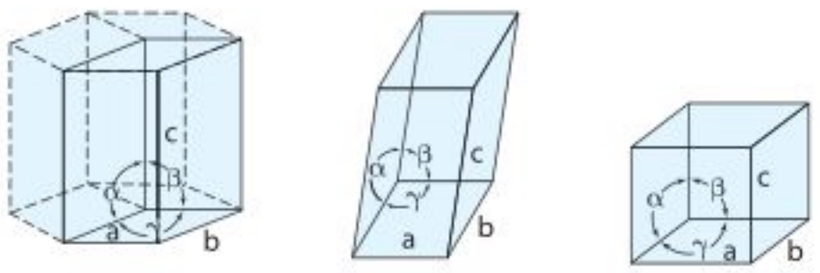
60. ما التوتر السطحي؟ وما الشروط الواجب توافرها لحدوثه؟

61. فسر سبب انحناء سطح الماء في المخبار المدرج؟

62. أي السائلين أكثر لزوجة عند درجة حرارة الغرفة: الماء أم الدبس؟ فسر إجابتك

63. فسّر كيف تؤدي قوتان مختلفتان دوريهما في الخاصية الشعرية؟

64. استعن **بالشكل 33-1** للمقارنة بين البلورات المكعبة والأحادية الميل والسداسية الأوجه.



الشكل 33-1

65. ما الفرق بين المادة الصلبة الشبكية والمادة الصلبة الأيونية؟

66. فسّر لماذا يمكن ثني الفلزات عند ضربها، بينما تتكسر المواد الأيونية؟

67. عدِّد أنواع المواد المتبلورة التي تعد موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.

68. كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في لزوجة المادة؟

69. فسّر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أكبر منه للجازولين ذي الجسيمات غير القطبية؟

70. قارن بين عدد الجسيمات لكل وحدة بناء لكل مما يأتي:

a. المكعب البسيط

b. المكعب المركزي الجسم.

71. توقع أي المواد الصلبة من المرجح أن تكون غير متبلورة: مادة تكونت من تبريد مصهورها عند درجة حرارة الغرفة خلال 4 ساعات، أم مادة تكونت من تبريد مصهورها بسرعة في حوض من الثلج؟

72. التوصيل الكهربائي أيّ المواد الصلبة الآتية يمكن أن توصل محاليلها التيار الكهربائي أفضل: السكر أم الملح؟

73. فسّر لماذا يطفو مكعب الثلج فوق الماء، بينما يغرق مكعب البنزين الصلب في البنزين السائل؟ أي السلوكين طبيعي أكثر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

إتقان المسائل

74. إذا أعطيت أطوال الأضلاع وقيم زوايا الوجه، فتوقَّع شكل كل بلورة مما يأتي:

a. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 3\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 90°$

b. $a = 4\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 100, \gamma = 90°$

c. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 90°$

d. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta° = 90, \gamma = 120°$

1-4

إتقان المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسب؟

76. قارن بين التبخر والغليان.

77. ما المقصود بدرجة الانصهار؟

78. فسرّ العلاقة بين كل من الضغط الجوي وضغط البخار للسائل ودرجة الغليان.

79. فسّر تكوُّن الندى في الصباح البارد.

80. ثلج فسّر سبب تقلّص كومة ثلج ببطء، حتى في الأيام التي لا تزيد درجة الحرارة فيها على درجة تجمد الماء.

إتقان المسائل

الشكل 34-1

81. انسخ الشكل **34-1** ثم حدّد عليه منطقة الحالة الصلبة والسائلة والغازية، والنقطة الثلاثية والنقطة الحرجة.

82. لماذا تكون الطاقة التي نحتاج إليها لغلي 10 g من الماء السائل أكبر من الطاقة اللازمة لصهر الكتلة نفسها من الثلج؟

مراجعة عامة

83. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير تصنيف السوائل والغازات من الموائع؟

84. استخدم قوى التجاذب بين الجزيئية لتفسير سبب تواجد الأكسجين في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، بينما يوجد الماء في الحالة السائلة.

85. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا يمكن ضغط الغاز بينما لا يمكن ضغط السائل أو الصلب؟

86. تساوي كثافة الزئبق عند درجة حرارة 25°C وضغط 760 mmHg 13.5 g /mL بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط (1.00 g /mL). فسر هذا الاختلاف، اعتمادًا على قوى التجاذب بين الجزيئات ونظرية الحركة الجزيئية.

87. إذا كان هناك وعاءان متماثلان يحويان الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها ولكن الضغط في أحدهما ضعف الضغط في الآخر فما كمية الغاز الموجودة في كل وعاء؟

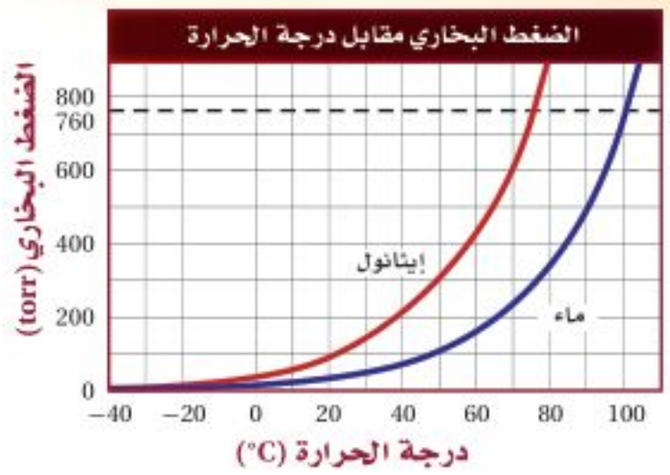
88. عدِّد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئات.

89. عندما تذوب بلورات صلبة من السكر في كوب من الماء يتكون محلول متجانس، بحيث لا يمكن رؤية البلورات. وإذا ترك هذا المحلول عند درجة حرارة الغرفة لعدة أيام فسنلاحظ تكون البلورات في القاع، وعلى جوانب الكوب مرة أخرى. فهل هذا مثال على التجمد؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

التفكير الناقد



الشكل 35-1

90. تفسير الرسوم البيانية ارجع إلى **الشكل 35-1** الذي يوضح ضغط بخار كل من الماء والإيثانول مقابل درجة الحرارة للإجابة عما يأتي:

a. ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟

b. ما درجة غليان الإيثانول عند درجة حرارة 1 atm؟

c. إذا كان الضغط الجوي 0.80 atm، فما درجة الحرارة التي يغلي عندها الماء؟

91. فرضية أي نوع من المواد الصلبة المتبلورة تتوقع أن تتناسب مع الشروط الآتية بأفضل صورة؟

a. مادة تنصهر ويعاد تشكيلها عند درجات حرارة منخفضة.

b. مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.

c. مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة .

d. مادة صلبة جدًّا وغير موصلة للكهرباء.

92. قارن يستخدم ضاغط الهواء الطاقة لضغط جسيمات الهواء معًا، وعندما يترك الهواء ليتمدد تستخدم الطاقة الناتجة في تنظيف السطوح بلطف دون استخدام مواد كاشطة سائلة أو صلبة إضافية. تعمل الأنظمة الهيدروليكية بالصورة نفسها، ولكنها تضغط الموائع لنقل القوة. ما فوائد وعيوب استخدام هذين النوعين من التقنية في رأيك؟

93. رسم بياني استخدم ا **الجدول 6-1** لرسم مخطط الطور للأمونيا.

الجدول 6-1 مخطط الحالة الفيزيائية للأمونيا

نقاط مختارة	ضغط (atm)	درجة حرارة (°C)
النقطة الثلاثية	0.060	−77.7
النقطة الحرجة	112	132.2
درجة الغليان الطبيعية	1.0	−33.5
درجة التجمد الطبيعية	1.0	−77.7

94. طبق في أثناء تسخين مادة صلبة تبقى درجة حرارتها ثابتة حتى تنصهر كليًّا. ماذا يحدث للطاقة الحرارية للنظام خلال الانصهار؟

95. تواصل أي العمليتين تجعلك قادرًا على شم العطور من زجاجة مفتوحة وبعيدة عنك: الانتشار أم التدفق؟ فسر إجابتك.

96. استنتج يتضمن عرض مختبري صَبَّ بخار البروم ذي اللون الأحمر الغامق في دورق يحتوي على الهواء، ثم يغلق الدورق بإحكام. يتحرك البروم في البداية نحو القاع، وبعد عدة ساعات يتوزع اللون الأحمر بالتساوي في جميع أجزاء الدورق.

a. هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقل من الهواء؟

b. هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صبه فوق سائل آخر؟

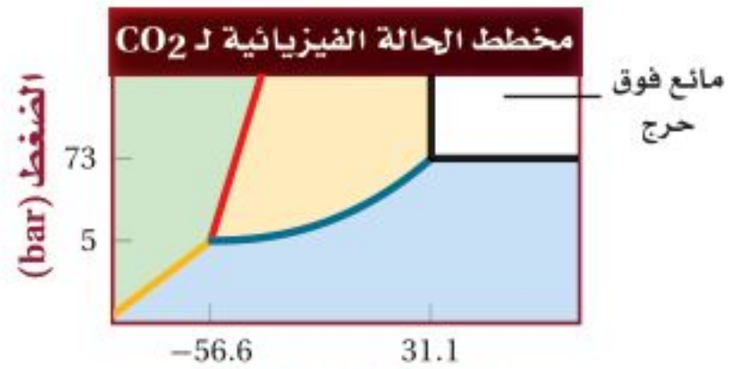
97. حلل استخدم ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية لتحديد ما إذا كانت الأمونيا NH_3 أم الميثان CH_4 أكثر ذائبية في الماء.

98. قوّم عدِّد ثلاث تغيرات تنتج طاقة، وثلاثة أخرى تستهلكها.

99. قوّم سائل ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج يستخدم في الصناعات الغذائية لانتزاع الكافيين من الشاي والقهوة والمشروبات الغازية، وكذلك في الصناعات الدوائية لتكوين جسيمات دقيقة تستخدم في أنظمة توزيع الدواء. استعن **بالشكل 36-1** لتحديد الظروف التي يجب توافرها لتكوين ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1



الشكل 36-1

مسألة تحفيز

100. إذا كان لديك محلول يحتوي على 135.2 g KBr ذائبة في 2.3 L ماء، فما حجم المحلول الذي تستخدمه لتحضير محلول حجمه 1.5L وتركيزه 0.1 mol /L من محلول KBr السابق؟ وما درجة غليان المحلول الناتج؟

مراجعة تراكمية

101. صنف المواد الآتية إلى عنصر أو مركب أو مخلوط متجانس أو مخلوط غير متجانس:

a. الهواء　　b. الدم
c. أمونيا　　d. الخردل
e. الماء المقطر

102. أعطيت محلولين مائيين شفافين صافيين، وقد قيل لك إن أحد المحلولين يحتوي مركبًا أيونيًّا، ويحتوي الثاني على مركب تساهميّ. كيف تحدد أيهما أيوني؟ وأيهما تساهمي؟

103. أي فروع الكيمياء يدرس المادة وحالاتها؟

a. الكيمياء الحيوية　　b. الكيمياء الفيزيائية
c. الكيمياء العضوية　　d. كيمياء المبلمرات

104. ما نوع التفاعل الآتي؟

$$K_2CO_{3(aq)} + BaCl_{2(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + BaCO_{3(s)}$$

a. احتراق　　b. إحلال مزدوج
c. إحلال بسيط　　d. تحضير

105. من أول كيميائي وضع أول جدول دوري، وكان أوسع استخدامًا وأكثر قبولاً؟

a. ديمتري مندليف　　b. هنري موزلي
c. جون نيولاندر　　d. لوثر ماير

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

106. المسك من المكونات الأساسية في الكثير من العطور والصابون والشامبو، وحتى في الأطعمة، ومنها الشوكولاتة وعرق السوس والحلوى الصلبة. تتكون مركبات المسك المحضرة صناعيًّا والطبيعية من جسيمات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجسيمات المركبات الأخرى المكونة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكيد على إطلاق العطر بصورة بطيئة ومستمرة. اكتب تقريرًا عن كيمياء مكونات العطور، مؤكدًا على أهمية سرعة الانتشار، بوصفها إحدى صفات العطر.

107. غاز البروبان وقود شائع الاستخدام في مواقد الغاز وتدفئة البيوت، إلا أنه لا يعبأ في حالته الغازية، بل يُسيَّل ويطلق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد ومساوئ تخزين ونقل البروبان سائلًا لا غازًا.

108. حالات المادة الأخرى ابحث في إحدى الموضوعات الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids). واكتب تقريرًا عنها لتعرضه على بقية طلاب الصف.

أسئلة المستندات

اليود يتسامى اليود إذا ترك عند درجة حرارة الغرفة من الصلب إلى الغاز، ولكن إذا سخن بسرعة فإن ما يحدث له يختلف تمامًا، ويمكن وصفه كما يأتي:

وُضع 1.0 g من اليود في أنبوب محكم الإغلاق، وسُخن على سخان كهربائي، فتكونت طبقة من الغاز الأرجواني في الأسفل، وأصبح اليود سائلًا. وعند إمالة الأنبوب تحرك السائل على طول جانب الأنبوب في مجرًى ضيق، وتصلب بسرعة.

109. لماذا يتسامى اليود بسهولة؟ فسر إجابتك باستخدام ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئات.

110. لماذا لا يمكن ملاحظة اليود السائل عند تسخينه في الهواء؟

111. لماذا يجب استخدام أنبوب محكم الإغلاق في هذا الاستقصاء؟

112. استنتج لماذا يتصلب اليود عند إمالة الأنبوب؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما نسبة سرعة انتشار أكسيد النيتروجين NO ورابع أكسيد النيتروجين N_2O_4؟

a. 0.326
b. 0.571
c. 1.751
d. 3.066

2. أي الجمل الآتية لا تتفق مع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية؟

a. التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة.
b. جسيمات العينة جميعها لها السرعة نفسها.
c. لا تتجاذب جسيمات الغاز أو يتنافر بعضها مع بعض بصورة ملحوظة.
d. للغازات جميعها عند درجة حرارة معينة متوسط الطاقة الحركية نفسها.

3. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربتون والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق 3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكل من Ne وKr هو 0.435 atm و1.613 atm على التوالي، فما الضغط الجزئي لغاز Ar؟

a. 2.048 atm
b. 1.734 atm
c. 1556 atm
d. 1318 atm

4. أي مما يأتي لا يؤثر في لزوجة السائل؟

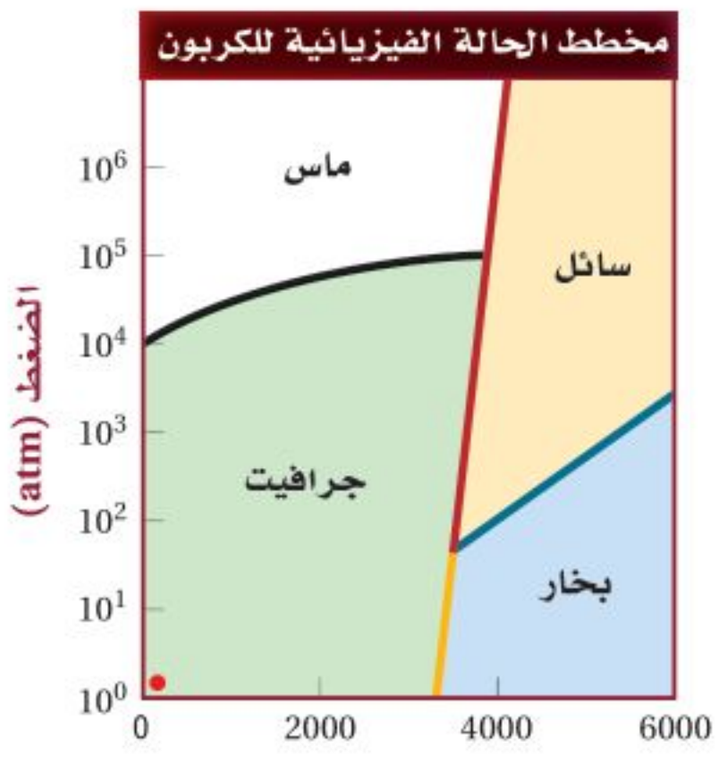
a. قوى التجاذب بين الجزيئات.
b. حجم وشكل الجزيء.
c. درجة حرارة السائل.
d. الخاصية الشعرية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 5.

5. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين كما هو موضح لتكوين الأمونيا. أي العبارات الآتية صحيحة في هذا التفاعل؟

a. يتكوّن 3 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي من جزيء.
b. يتكوّن جزيئي أمونيا ويتبقى جزيئًا هيدروجين.
c. يتكوّن 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي جزيء.
d. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزيئًا نيتروجين.

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8



6. ما الظروف التي يتكون فيها الألماس؟

a. درجة الحرارة < 5000K والضغط > 100atm
b. درجة الحرارة > 6000K والضغط < 25atm
c. درجة الحرارة < 3500K والضغط > 10^5 atm
d. درجة الحرارة > 4500K والضغط > 10atm

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

7. مـا النقطة التي يوجد عندهـا الكربون بثلاث حالات جرافيت صلب وألماس وكربون سائل؟ موضحًا درجة الحرارة والضغط عندها؟

a. 4700 K و 10^6 atm

b. 3000 K و 10^3 atm

c. 5100 K و 10^5 atm

d. 3500 K و 80 atm

8. ما الأشـكال التي يوجد عليها الكربون عند 6000 K و 10^5 atm

a. ألماس فقط.

b. كربون سائل فقط.

c. ألماس وكربون سائل.

d. جرافيت وكربون سائل.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 9 و 10

الجدول 7-1 خصائص الرابطة الأحادية

الرابطة	طاقة الرابطة kJ/mol	طول الرابطة (pm)
H–H	435	74
Br–Br	192	228
C–C	347	154
C–H	393	104
C–N	305	147
C–O	356	143
Cl–Cl	243	199
I–I	151	267
S–S	259	208

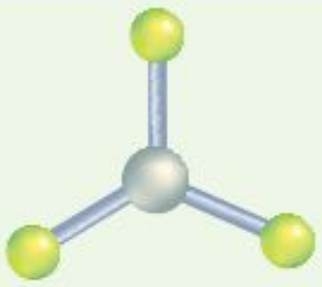
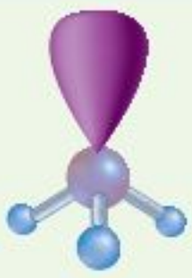
9. ارسـم العلاقة بين طول الرابطة وطاقـة الربط بيانيًّا، واضعًا طاقة الربط على المحور السيني.

10. لخص العلاقة بين طاقة الرابطة وطول الرابطة.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 11.

الجدول 8-1 الشكل الهندسي لـ $AlCl_3$ و PCl_3

المركب	$AlCl_3$	PCl_3
شكل الجزيء		

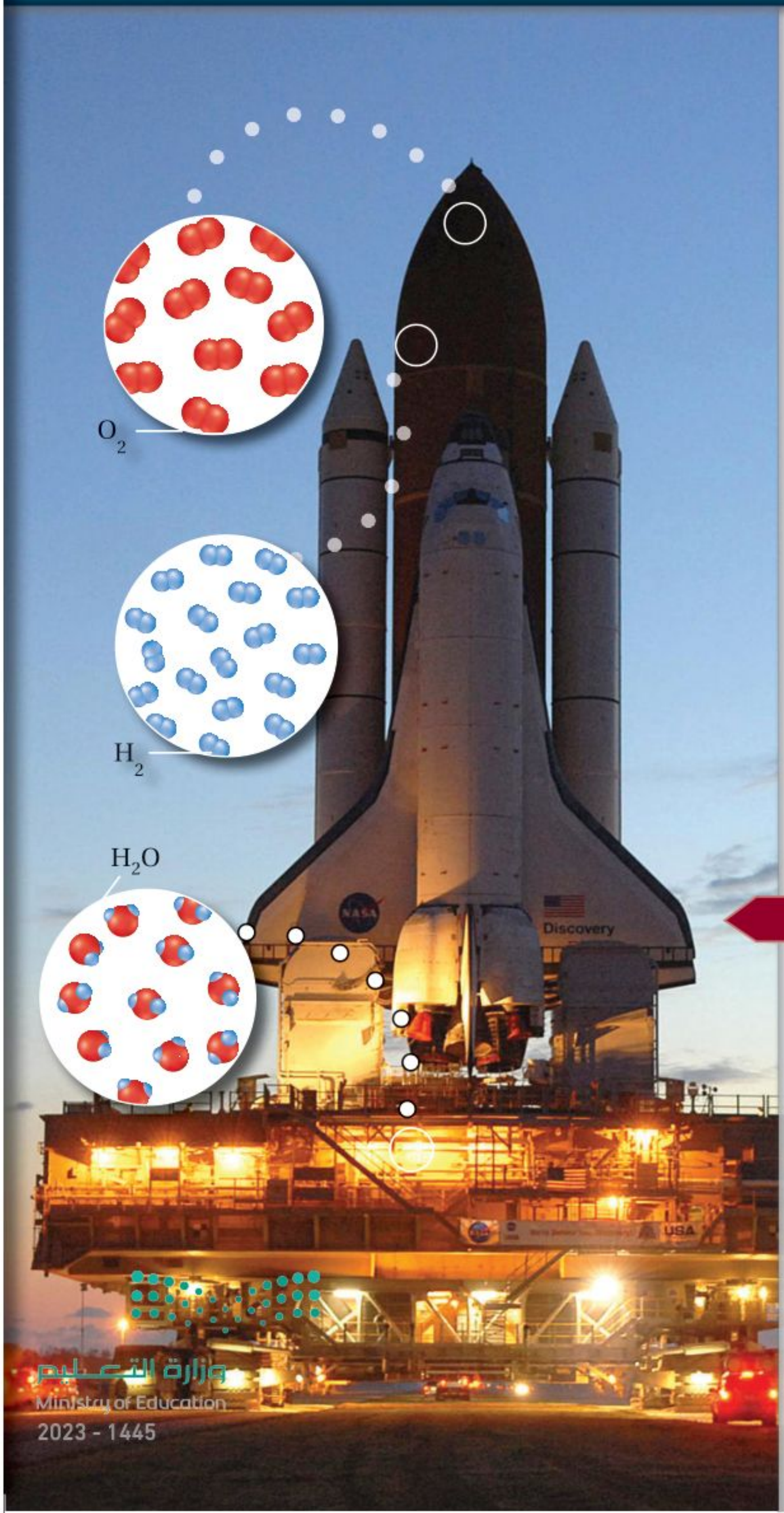
11. ما أسـماء أشكال الجسـيمات لكلا المركبين؟ فسر كيف يؤدي ترتيب الذرات في كل مركب إلى اختلاف أشكالها على الرغم من أن لهما الصيغة الكيميائية نفسها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

الطاقة والتغيرات الكيميائية

Energy and Chemical Changes



الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

2-1 الطاقة

الفكرة الرئيسة قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائمًا.

2-2 الحرارة

الفكرة الرئيسة التغير في المحتوى الحرارى للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحاً منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

2-3 المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسة تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

2-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسة يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

حقائق كيميائية

- تستعمل المحركات الثلاثة الرئيسة لمكوك الفضاء أكثر من 547,000 kg من الأكسجين السائل و 92,000 kg تقريبًا من الهيدروجين السائل.
- ترفع المحركات كتلة تصل إلى 2.04×10^6 kg
- يتسارع مكوك الفضاء إلى سرعة تزيد على 17,000 km /h خلال ثماني دقائق.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تعمل كمّادة باردة؟

تستعمل الكمّادات الباردة الكيميائية لتخفيف الألم الناتج عن الإصابة؛ إذ تحتوي الكمادة على مركبين منفصلين؛ عند اتحادهما معًا يحدث امتصاص للحرارة. ما المركب الذي يكوّن أفضل كمادة باردة كيميائية؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
3. استعمل **مخبارًا مدرجًا** لنقل 15 mL من **الماء المقطر** إلى كل أنبوب من **أنابيب الاختبار الثلاثة**.
4. استعمل **مقياس درجة حرارة غير زئبقي** لقياس درجة حرارة الماء المقطر، ثم سجل درجة الحرارة الأولية للماء في جدول البيانات.
5. استعمل **الميزان** لقياس كتلة 1.0 g من **نترات البوتاسيوم KNO_3** وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1. **تحذير: أبعد جميع المواد الكيميائية المستعملة في هذه التجربة عن مصادر الحرارة.**
6. حرك الخليط جيدًا، وسجل درجة حرارة المحلول.
7. أعد الخطوتين 4 و 5 مستعملاً كلًّا من **كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$**، ونترات الأمونيوم **NH_4NO_3** بدلاً من نترات البوتاسيوم **KNO_3**.

التحليل

1. **حلل واستنتج** أي المواد الكيميائية الثلاث المستعملة في التجربة تعد الأفضل لعمل كمّادة كيميائية باردة؟
2. **صف** استعمالاً أفضل لإحدى المادتين الأخريين المستعملتين في التجربة.

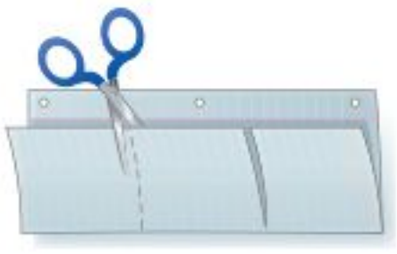
استقصاء ابحث عن تعديل يمكنك أن تعمله في خطوات العمل بحيث يزيد التغير في درجة الحرارة.

المطويات منظمات الأفكار

التغير في المحتوى الحراري اعمل المطوية الآتية لتنظيم دراستك عن المحتوى الحراري.

الخطوة 1 اطو الورقة طوليًّا من منتصفها على أن تكون الحافة الخلفية أطول من الأمامية 2cm تقريبًا.

الخطوة 2 اطو الورقة مرة أخرى مكوّنًا ثلاثة أجزاء.



الخطوة 3 افتح المطوية واقطع على خطّي الطي للجزء الأمامي مشكّلاً ثلاثة أشرطة.

الخطوة 4 عنون الأشرطة كما يأتي:
ΔH_{vap}، ΔH_{fus}، ΔH_{comb}

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 3–2،** لخّص في أثناء قراءتك لهذا القسم معنى كل مصطلح.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–1

الأهداف

- **تعرّف** الطاقة.
- **تميّز** بين طاقة الوضع والطاقة الحركية.
- **تربط** بين طاقة الوضع الكيميائية والحرارة المفقودة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية.
- **تحسب** كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة عندما تتغير درجة حرارة المادة.

مراجعة المفردات

درجة الحرارة: مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للجسيمات الموجودة في عينة من المادة.

المفردات الجديدة

الطاقة

قانون حفظ الطاقة

طاقة الوضع الكيميائية

الحرارة

السُّعر

الجول

الحرارة النوعية

الطاقة Energy

الفكرة الرئيسة **قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائمًا.**

الربط مع الحياة هل راقبت يومًا العربة الأفعوانية وهي تنتقل صعودًا ونزولاً على سِكَّتها؟ وهل جرّبت ركوبها؟ تتغير طاقة العربة في كل مرة تصعد فيها أو تهبط.

طبيعة الطاقة The Nature of Energy

لا بد أن مصطلح الطاقة مألوف لديك. ولعلك سمعت أحدهم يقول، "لقد استنفدت طاقتي" بعد المشاركة في لعبة مجهدة، أو بعد يوم عمل شاق. و يكثر النقاش في وسائل الإعلام عن الطاقة الشمسية، والطاقة النووية، والسيارات التي تعمل بالطاقة، وغيرها من المواضيع المتعلقة بالطاقة.

تستعمل الطاقة في طهو الطعام الذي تأكله وتحريك المركبات التي تنقلك، وفي تدفئة المنازل والمدارس في الأيام الباردة وتبريدها في الأيام الحارة. كما تزودنا الطاقة الكهربائية بالضوء، وتشغيل الكثير من الأجهزة التي نحتاج إليها، ومنها التلفاز والحاسوب والثلاجات. كما تدخل الطاقة في صناعة جميع المواد والأجهزة الموجودة في منزلك.

ولا تقتصر الحاجة إلى الطاقة على ذلك فقط، بل تتطلب كافةُ الأنشطة البدنية والذهنية التي تقوم بها طاقةً. إن كل خلية في جسمك هي مصنع صغير جدًّا يعمل بالطاقة المستمدة من الطعام الذي تأكله.

ما الطاقة؟ تعرف **الطاقة** بأنها القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة، وهي توجد عمومًا في صورة طاقة وضع وطاقة حركية. تسمى الطاقة التي تعتمد على تركيب أو موضع جسم ما طاقة الوضع. **الشكل 1a–2** يكون للمتزلج عند نقطة البداية في أعلى المسار أكبر طاقة وضع ولا يكون له طاقة حركية، وما إن يبدأ في الحركة حتى تتحول طاقة وضعه إلى طاقة حركية على طول المسار حتى خط النهاية، كما هو مبين في **الشكل 1b–2**. تنجم الطاقة الحركية عن حركة الأجسام، ويمكنك ملاحظتها في حركة الأجسام والناس من حولك. وتحتوي الأنظمة الكيميائية على طاقة حركية وطاقة وضع.

الشكل 1-2

a . تكون طاقة الوضع للمتزلج عالية في أعلى المسار بسبب موضعه.

b. تتحول طاقة الوضع للمتزلج إلى طاقة حركية.

قارن فيم تختلف طاقة الوضع للمتزلج عند بوابة البدء عنها عند خط النهاية؟

الشكل 2-2 يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها محفوظة دائمًا.

a. تتحول طاقة الوضع للماء إلى طاقة حركية عندما يتدفق من فتحة الخزان؛ إذ تدير المياه المندفعة التوربين لتوليد الطاقة الكهربائية.

b. تتحول طاقة الوضع المخزونة في روابط جزيئات البروبان إلى حرارة.

وقد عرفت من قبل أن الطاقة الحركية للمادة ترتبط مباشرة مع الحركة الدائمة العشوائية لجسيماتها، وتتناسب مع درجة الحرارة. فعندما ترتفع درجة الحرارة تزداد حركة الجسيمات. وتعتمد طاقة الوضع للمادة على تركيبها الكيميائي، من حيث: أنواع الذرات في المادة، وعدد الروابط الكيميائية التي تربط الذرات معًا ونوعها، وطريقة ترتيب هذه الذرات.

قانون حفظ الطاقة درست أن الطاقة تتحول من شكل إلى آخر، ولكنها تبقى محفوظة، أي أن مجموع كمية الطاقة يبقى ثابتًا. فمثلاً عندما يتدفق الماء عبر التوربينات في محطة التوليد الكهرومائية المبينة في **الشكل 2-2a** يتحول جزء من طاقته الحركية إلى طاقة كهربائية. وعلى سبيل المثال أيضًا، يعد غاز البروبان C_3H_8 وقودًا مهمًّا للطهو والتسخين. انظر **الشكل 2-2b**؛ حيث يتحد غاز البروبان مع الأكسجين مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون والماء، وتتحرر طاقة الوضع المخزنة في روابط البروبان في صورة حرارة. في كلا المثالين تحولت الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها بقيت محفوظة، أي أن مجموع كمية الطاقة بقي ثابتًا. ولفهم حفظ الطاقة بشكل أفضل، افترض أن لديك نقودًا في حسابين في البنك، وقد قمت بتحويل بعضها من أحد الحسابين إلى الآخر. فعلى الرغم من أن كمية النقود في كلا الحسابين قد تغيرت إلا أن مجموع نقودك في البنك بقي كما هو دون تغيير. وهذا يشبه قانون حفظ الطاقة.

ينص **قانون حفظ الطاقة** على أنه في أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر، ولكنها لا تستحدث ولا تفنى. ويعرف هذا أيضًا بالقانون الأول في الديناميكا الحرارية.

طاقة الوضع الكيميائية تسمى الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة **طاقة الوضع الكيميائية**. وتلعب هذه الطاقة دورًا مهمًّا في التفاعلات الكيميائية. فطاقة الوضع الكيميائية للبروبان مثلاً تنتج عن ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين وقوة الروابط التي تربط بينها.

ماذا قرأت؟ اذكر نص قانون حفظ الطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2-1 العلاقات بين وحدات الطاقة

العلاقة	معامل التحويل
$1\ J = 0.2390\ cal$	$\frac{1\ J}{0.2390\ cal}$ $\frac{0.2390\ cal}{1\ J}$
$1\ cal = 4.184\ J$	$\frac{1\ cal}{4.184\ J}$ $\frac{4.184\ J}{1\ cal}$
$1Cal = 1Kcal$	$\frac{1\ Cal}{1000\ cal}$ $\frac{1000\ cal}{1\ Cal}$

الحرارة يعد الأوكتان C_8H_{18} المكون الرئيس في الجازولين. فعندما يحترق الجازولين في محرك السيارة يتحول جزء من طاقة الوضع الكيميائية للأوكتان إلى شغل يحرك المكابح التي بدورها تحرك الإطارات، فتتحرك السيارة. ولكن جزءًا كبيرًا من طاقة الوضع الكيميائية المختزنة في الأوكتان تنطلق في صورة حرارة. ويستعمل الرمز q ليدل على الحرارة، وهي طاقة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم الأبرد. فعندما يفقد الجسم الساخن طاقة، تنخفض درجة حرارته. وعندما يمتص الجسم الأبرد طاقة ترتفع درجة حرارته.

قياس الحرارة Measuring Heat

يعد انتقال الطاقة، وما يتبعه من تغير في درجة الحرارة مفتاحين لطريقة قياس الحرارة. وتسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء النقي 1°C **السُّعر** calorie (cal). فعندما يحطم جسمك جزيئات السكر والدهون مكونًا ثاني أكسيد الكربون والماء ينتج عن هذا التفاعل الطارد للطاقة حرارة يمكن قياسها بالسُّعرات الغذائية (Cal).

لاحظ أن الطاقة الحرارية الناتجة عن الغذاء تقاس بالسُّعرات الغذائية (Calories)، والسُّعر الغذائي يساوي 1000 cal (1 kcal) . تذكر أن البادئة (كيلو) تعني 1000. فمثلاً، ملعقة طعام من الزبد تحتوي على 100 Cal تقريبًا. وهذا يعني أنه لو أحرقت ملعقة زبد حرقًا كاملاً لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء، فسينطلق 100 kcal (100000 cal) من الحرارة.

تقاس الطاقة الحرارية وفق النظام الدولي للوحدات **بالجول** joule (J). ويعادل الجول الواحد 0.2390 cal، والسُّعر الواحد يعادل 4.184 J. ويلخص **الجدول 1-2** العلاقات بين السُّعر cal والسُّعر الغذائي Cal والجول J والكيلوجول kJ وعوامل التحويل التي يمكنك استعمالها للتحويل من وحدة إلى أخرى.

مثال 1-2

تحويل وحدات الطاقة إذا كانت وجبة إفطار مكونة من الحبوب وعصير البرتقال والحليب، تحتوي على 230 Cal من الطاقة، فعبِّر عن هذه الطاقة بوحدة الجول J.

1 تحليل المسألة

أعطيت كمية من الطاقة بوحدة السُّعر الغذائي Cal. عليك تحويل ذلك إلى سعرات cal، ثم إلى الجول J.

المعطيات

الطاقة = 230 Cal

المطلوب

الطاقة = J؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2 حساب المطلوب

حوّل Cal إلى cal.

طبق العلاقة 1 Cal = 1000 cal

$$230\ \cancel{\text{Cal}} \times \frac{1000\ \text{cal}}{1\ \cancel{\text{Cal}}} = 2.3 \times 10^5\ \text{cal}$$

حوّل cal إلى J

طبق العلاقة 1cal = 4.184 J

$$2.3 \times 10^5\ \text{cal} \times \frac{4.184\ \text{J}}{1\ \text{cal}} = 9.6 \times 10^5\ \text{J}$$

3 تقويم الإجابة

القيمة 10^5 إلى 10^6 متوقعة؛ لأن القيمة 10^2 Cal يجب ضربها في 10^3 لتحويلها إلى cal. ثم تضرب في عامل تحويل J الذي يساوي 4 تقريبًا. لذا الإجابة معقولة.

مسائل تدريبية

1. تحتوي حبة حلوى الفواكه والشوفان على 142 Cal من الطاقة. ما مقدار هذه الطاقة بوحدة cal؟
2. يطلق تفاعل طارد للطاقة 86.5 kJ من الحرارة. ما مقدار الحرارة التي أطلقت بوحدة Cal؟
3. **تحفيز** عرّف وحدة طاقة جديدة، وسمّها باسمك، واجعل قيمتها عُشر سُعر. ما عوامل التحويل التي تربط هذه الوحدة الجديدة مع الجول J، ومع السُّعر الغذائي Kcal؟

الحرارة النوعية Specific Heat

لقد قرأت أنه يلزم 1cal، أو 4.184 J، لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي 1°C. تعرف هذه الكمية 4.184 J /g.°C بأنها الحرارة النوعية c للماء. **الحرارة النوعية** لأي مادة هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من تلك المادة درجة سيليزية واحدة (1°C). ولأن لكل مادة تركيبًا مختلفًا عن المواد الأخرى لذا فإن لكل مادة حرارة نوعية مميزة لها.

لرفع درجة حرارة كمية من الماء 1°C يجب أن يمتص كل جرام واحد من الماء 4.184 J من الطاقة، إلا أننا نحتاج إلى مقدار أقل من الطاقة لرفع درجة حرارة قطعة أسمنتية– لها كتلة مساوية لكتلة الماء– درجة سيليزية واحدة. ربما تكون قد لاحظت أن الأرصفة الأسمنتية تسخن في أيام الصيف. وتعتمد مدى سخونة هذه الأرصفة على الحرارة النوعية للأسمنت وعوامل أخرى. إن الحرارة النوعية للأسمنت هي 0.84 J /g.°C وهذا يعني أن درجة حرارة الأسمنت تكون أعلى خمس مرات من درجة حرارة الماء، عندما تمتص كتلتان متساويتان من الماء والأسمنت كمية الطاقة نفسها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2-2 الحرارة النوعية لبعض المواد عند 298k (25°C)

المادة	الحرارة النوعية J/g.°C
الماء (l)	4.184
الإيثانول (l)	2.44
الماء (s)	2.03
الماء (g)	2.01
البريليوم (s)	1.825
الماغنسيوم (s)	1.023
الألومنيوم (s)	0.897
الأسمنت (s)	0.84
الجرانيت (s)	0.803
الكالسيوم (s)	0.647
الحديد (s)	0.449
الإسترانشيوم (s)	0.301
الفضة (s)	0.235
الباريوم (s)	0.204
الرصاص (s)	0.128
الذهب (s)	0.129

حساب الحرارة الممتصة افترض أن قطعة من رصيف أسمنتي (Concreate) كتلتها $5.00\times10^3\,g$ زادت درجة حرارتها بمقدار $6.0\,°C$ فهل يمكن حساب كمية الحرارة التي امتصتها؟ تذكرّ أن الحرارة النوعية للمادة هي كمية الحرارة التي يجب أن يمتصها 1g من المادة لترفع درجة حرارته 1°C.

يبين **الجدول 2-2** الحرارة النوعية لبعض المواد. الحرارة النوعية للأسمنت مثلاً، هي $0.84\,J/g.°C$؛ إذن يمتص 1g من الأسمنت 0.84 J عندما تزداد درجة حرارته 1°C . لإيجاد الحرارة التي تمتصها $5.00\times10^3\,g$ من الأسمنت عليك أن تضرب 0.84 في $5.00\times10^3\,g$، ولأن درجة حرارة الأسمنت ازدادت 6.0°C فإن عليك أن تضرب الناتج عن ضرب الكتلة والحرارة النوعية في 6°C.

معادلة حساب الحرارة

$$q = c \times m \times \Delta T$$

q: الطاقة الحرارية الممتصة أو المطلقة

c: الحرارة النوعية للمادة

m: كتلة المادة بالجرام

ΔT: التغير في درجة الحرارة (°C) أو T النهائية – T الأولية $(T_f - T_i)$

يمكنك استعمال هذه المعادلة لحساب الحرارة التي امتصتها قطعة الأسمنت.

$$q = c \times m \times \Delta T$$

$$q_{concrete} = \frac{0.84\ J}{(g\cancel{\cdot °C})} \times (5.00 \times 10^3\ \cancel{g}) \times 6.0\cancel{°C} = 25{,}200\ J = 25.2\ kJ$$

مجموع كمية الحرارة التي امتصتها قطعة الأسمنت هو 25,200 J أو 25.2 kJ. بالمقارنة مع الماء، ما كمية الحرارة التي يمتصها $5.00 \times 10^3\ g$ من الماء عندما تزداد درجة حرارته $6.0°C$؟ يمكننا حساب q_{water} بنفس طريقة حسابها للأسمنت، ولكن هنا يجب استعمال الحرارة النوعية للماء، $4.184\ J/g.°C$

$$q_{water} = \frac{4.184\ J}{g\cancel{\cdot °C}} \times (5.00 \times 10^3\ \cancel{g}) \times 6.0\cancel{°C} = 1.3 \times 10^5\ J = 130\ kJ$$

إذا قسمت الحرارة التي امتصها الماء 130 kJ على الحرارة التي امتصها الأسمنت يكون الناتج 5.2؛ ويعني ذلك أن الماء يمتص كمية من الحرارة أكثر خمس مرات من كمية الحرارة التي يمتصها الأسمنت إذا طرأ تغير متساوٍ على درجتي حرارتهما.

حساب الحرارة المنطلقة قد تمتص المواد الحرارة أو تطلقها، لذا تستعمل معادلة حساب الحرارة نفسها لحساب الطاقة التي تطلقها المواد عندما تبرد. افترض أن قطعة من الأسمنت وصلت درجة حرارتها إلى 74.0°C في يوم مشمس وانخفضت إلى 40.0°C في أثناء الليل، فما كمية الحرارة المنطلقة؟ احسب أولاً ΔT:

$$\Delta T = 74.0°C - 40.0°C = 34.0°C$$

ثم استعمل معادلة كمية الحرارة:

$$q = c \times m \times \Delta T$$

$$q_{concrete} = \frac{0.84\ J}{g\cancel{\cdot °C}} \times 5.00 \times 10^3\ \cancel{g} \times 34.0\cancel{°C} = 142{,}800\ J = 142.8\ kJ$$

تجربة عملية

حرارة التفاعل وحرارة المحلول

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 2-2

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحاب تترك فراغات بين الدعامات الفولاذية لكي تتمدد وتنكمش عندما ترتفع أو تنخفض درجات الحرارة. إذا تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد كتلتها 10.0 g من 50.4 °C إلى 25 °C وانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 114 J، فما الحرارة النوعية للحديد؟

1 تحليل المسألة

لديك كتلة العينة، ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية، وكمية الطاقة المنطلقة. يمكنك حساب الحرارة النوعية للحديد بإعادة ترتيب المعادلة التي تربط بين هذه المتغيرات.

المعطيات

الطاقة المنطلقة = 114 J

كتلة الحديد = 10 g Fe

$T_i = 50.4°C$

$T_f = 25°C$

المطلوب

الحرارة النوعية للحديد = ؟ J/g °C

2 حساب المطلوب

احسب ΔT.

$$\Delta T = 50.4\ °C - 25.0\ °C = 25.4\ °C$$

اكتب معادلة لحساب كمية الحرارة

$$q = c \times m \times \Delta T$$

أوجد قيمة c

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوض q=114 J. m=10.0 g.

ΔT= 25.4 °C

$$c = \frac{114\ J}{(10.0\ g \times 25.4°C)}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$c = 0.449\ J/g{\cdot}°C$$

3 تقويم الإجابة

قيمة مقام المعادلة تساوي ضعفي قيمة البسط تقريبًا، إذن النتيجة النهائية تقارب 0.5، وهي معقولة. كما أن القيمة المحسوبة تساوي القيمة المسجلة للحديد في **الجدول 2-2**.

مسائل تدريبية

4. إذا ارتفعت درجة حرارة 34.4 g من الإيثانول من 25 °C إلى 78.8 °C، فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟ ارجع إلى **الجدول 2-2**.
5. سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g فارتفعت درجة حرارتها من 25 °C إلى 40.0 °C فامتصت 5696 J من الطاقة. ما الحرارة النوعية للمادة؟ عيّن المادة بالرجوع إلى **الجدول 2-2** .
6. **تحفيز** قطعة من الذهب النقي كتلتها 4.50 g، امتصت 276 J من الحرارة، وكانت درجة حرارتها الأولية 25 °C. ما درجة حرارتها النهائية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 3-2 مدرستان بالرياض (جبر بن عتيك، والأمير عبد المجيد بن عبد العزيز) تعملان بالطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربية؛ تمهيدًا لإطلاق خطة الطاقة الشمسية (2030) الأكبر في العالم بهذا المجال.

الطاقة الشمسية يستغل الماء أحيانًا لأخذ الطاقة من الشمس؛ وذلك بسبب حرارته النوعية العالية. فبعد أن تسخن أشعة الشمس الماء يمكن تدويره في البيوت والأماكن الأخرى لتدفئتها، كما يمكن أن تزود أشعة الشمس احتياجات العالم من الطاقة، مما يقلل من استعمال أنواع الوقود التي تنتج ثاني أكسيد الكربون. ولكن هناك عدة عوامل أدت إلى تأخير تطوير التقنيات الشمسية. فمثلاً الشمس تسطع فترةً محددةً كل يوم، كما أنّ تراكم الغيوم فوق بعض الأماكن تخفف من كمية أشعة الشمس الساقطة عليها. وبسبب هذه المتغيرات كان لابد من ابتكار طرائق فعالة لتخزين الطاقة. إن تطوير الخلايا الكهروضوئية-انظر **الشكل 3-2**-هو السبيل الواعد لاستعمال الطاقة الشمسية؛ فهذه الخلايا تحول الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء. فالخلايا الكهروضوئية تزود رواد الفضاء بالطاقة؛ ولكنها لا تستعمل لتوفير الطاقة اللازمة للاحتياجات العادية؛ وذلك لأن تكلفة إنتاج الكهرباء بالخلايا الكهروضوئية مرتفعة مقارنة بتكلفة حرق الفحم أو البترول.

ولذلك تُعدّ البحوث التطبيقيّة وسيلة فعّالة لتلبية حاجة المملكة لتطوير نشاط بحثيّ قويّ يُركّز على تحقيق أهداف حيويّة محدّدة ذات أهميّة اجتماعيّة واقتصاديّة وطنيّة تؤدّي إلى خلق صناعات وخدمات وطنيّة رائدة في العالم، وتعتبر مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية(kacst) الجهة الوطنية الرائدة في مجالات البحوث التطبيقية و إحدى المجالات التي برزت فيها جهود المدينة هو مجال الطاقة كما يظهر في **الشكل 3-2**.

King Faisal PRIZE

مُنح البروفيسور مايكل غراتزل جائزة الملك فيصل فرع العلوم عام 1436هـ في مجال الكيمياء، حيث عرف باكتشافاته في العلوم الأساسية والعملية في مجال تطوير أنظمة ضوئية وكهروكيميائية لاستخدامها في تحويل الطاقة الشمسية. إن الخلايا المعروفة عالميا بخلايا غراتزل هي أجهزة تم تطويرها من أفلام ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية مغطاة بأصباغ جزيئية.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل للعلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

اقتصاد مزدهر

٣.٢.٤ زيادة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة.

التقويم 2-1

الخلاصة

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
- طاقة الوضع الكيميائية هي الطاقة المخزنة في الروابط الكيميائية للمادة تعتمد على عدد ونوع وترتيب الذرات والجزيئات.
- طاقة الوضع الكيميائية تطلق أو تمتص على عدة أشكال مثل: الحرارة أو الضوء أو الكهرباء في خلال العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

7. الفكرة الرئيسة **وضح** كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعل الطارد للطاقة والتفاعل الماصّ لها.

8. **ميّز** بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة الآتية: مغناطيسين منفصلين؛ انهيار ثلجي، كتب موضوعة على رفوف، نهر، سباق سيارات، فصل الشحنات في بطارية.

9. **وضح** علاقة الضوء والحرارة في شمعة محترقة بطاقة الوضع الكيميائية.

10. **احسب** كمية الحرارة الممتصة عند تسخين 50.0 g ألومنيوم من درجة حرارة 25 °C إلى درجة حرارة 95.0° C ، علمًا أن الحرارة النوعية للألومنيوم 0.897 J /g °C.

11. **تفسير البيانات** وضعت كتل متساوية من الألومنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة. استعمل **الجدول 2-2** لترتيب الفلزات الأربعة وفق ازدياد درجات حرارتها من الأعلى إلى الأقل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–2

الأهداف

- **تصف** كيف يستخدم المسعر لقياس الطاقة الممتصة أو المنطلقة.
- **توضح** المقصود بالمحتوى الحراري وتغير المحتوى الحراري في التفاعلات الكيميائية والعمليات الكيميائية.

مراجعة المفردات

الضغط: القوة الواقعة على وحدة المساحة.

مفردات جديدة

المسعر

الكيمياء الحرارية

النظام

المحيط

الكون

المحتوى الحراري

المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)

الحرارة Heat

الفكرة الرئيسة **التغيُّر في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحًا منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.**

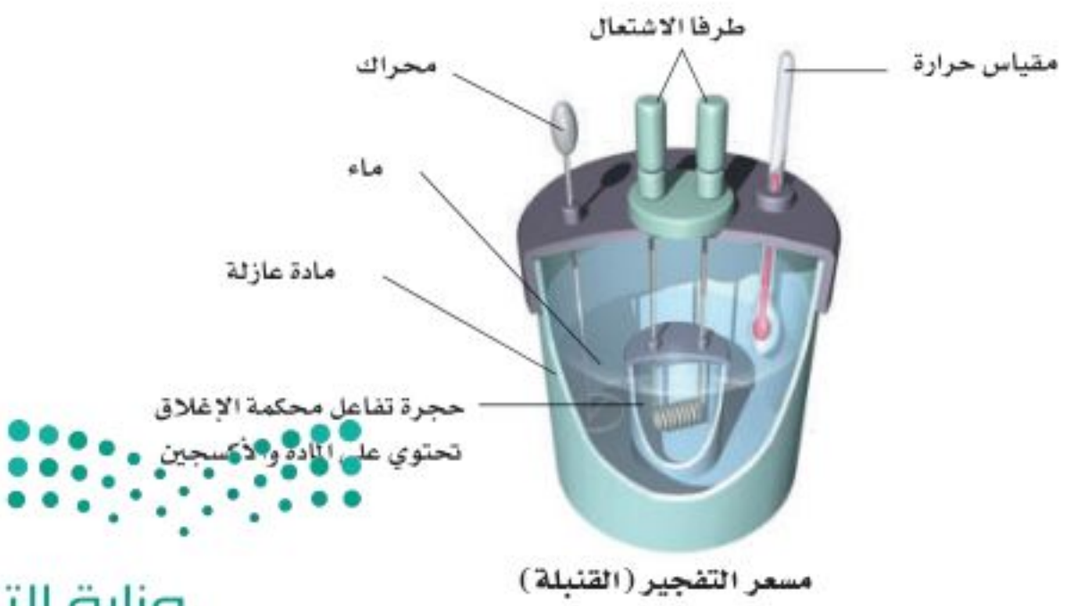
الربط مع الحياة لعلك تشعر بالاسترخاء عند وقوفك تحت الدش الدافئ؛ حيث يمتص جسمك حرارة من الماء، في حين أنك تشعر بالارتعاش عندما تقفز في مسبح بارد؛ حيث يفقد جسمك حرارة. بطريقة مشابهة تَمتص أو تطلِق بعضُ التفاعلات الكيميائية الحرارةَ.

المسعر Calorimetry

هل تساءلت يومًا كيف يعرف كيميائيو الغذاء القيمة الحرارية للأطعمة؟ لقد تم الحصول على المعلومات المدونة على عبوات المنتجات الغذائية من تفاعلات احتراق أجريت في مسعر. **والمسعر** جهاز معزول حراريًّا يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية؛ إذ توضع كمية معلومة من الماء في حجرة معزولة لكي تمتص الطاقة المنطلقة من التفاعل، أو لتزود الطاقة التي يمتصها التفاعل، ومن ثم يمكننا قياس التغير في درجة حرارة كتلة الماء. ويبين **الشكل 4-2** نوعًا من المساعر يسمى مسعر القنبلة، يستخدمه كيميائيو التغذية.

تحديد الحرارة النوعية يمكنك الحصول على نتائج مرضية لتجارب قياس الحرارة باستخدام مسعر أبسط من مسعر التفجير، وهو الكأس المصنوعة من البوليسترين. هذه المساعر مفتوحة على الجو، ولذلك فالتفاعلات التي تحدث فيها تكون تحت ضغط ثابت. ويمكنك استخدامها لتحديد الحرارة النوعية لفلز ما.

افترض أنك وضعت 125 g من الماء في مسعر (كأس مصنوعة من البوليسترين)، وقست درجة حرارته الأولية فوجدتها 25.60 °C، ثم سخنت عينة من فلز ما كتلتها 50.0 g إلى درجة حرارة 115.0 °C ووضعتها في الماء داخل المسعر. سوف تنتقل الحرارة من الفلز الساخن إلى الماء في المسعر، فترتفع درجة حرارة الماء. ويتوقف انتقال الحرارة فقط عندما تتساوى درجة حرارة الماء مع درجة حرارة الفلز.



الشكل 4-2 وضعت عينة في حجرة فولاذية داخلية تسمى القنبلة، مملوءة بالأكسجين المضغوط ضغطًا عاليًا، وحول القنبلة كمية معلومة من الماء تحرك بمحراك قليل الاحتكاك للمحافظة على درجة حرارة منتظمة. بدأ التفاعل بشرارة، وسجلت درجة الحرارة حتى وصلت إلى أقصاها.

استنتج لماذا يعد من المهم ألا ينتج المحراك احتكاكاً؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 5-2 a. سجلت درجة الحرارة الأولية 25.60°C لـ 125 g من الماء في المسعر.

b . سخّنت قطعة من فلز مجهول كتلتها 50.0 g حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0°C، ثم وضعت في المسعر

c . ينقل الفلز الحرارة إلى الماء حتى تتساوى درجة حرارة الفلز والماء. وكانت درجة الحرارة النهائية 29.30°C.

يبين **الشكل 5-2** خطوات عمل التجربة. لاحظ أن درجة الحرارة في المسعر تثبت عند 29.30°C، وهي درجة الحرارة النهائية التي وصل إليها كل من الفلز والماء. فإذا افترضنا أنه لم تُفقد حرارة إلى المحيط، فإن الحرارة التي اكتسبها الماء تكون مساوية للحرارة التي فقدها الفلز. ويمكن حساب كمية الحرارة هذه بالمعادلة:

$$q = c \times \mathrm{m} \times \Delta T$$

ماذا قرأت؟ حدد المتغيرات الأربعة في المعادلة أعلاه.

احسب أولاً كمية الحرارة التي اكتسبها الماء. وللقيام بذلك عليك أن تعرف أن الحرارة النوعية للماء تساوي 4.184(J/g.°C).

$$q_{\text{water}} = 4.184\ \text{J/(g•°C)} \times 125\ \text{g} \times (29.30°\text{C} - 25.60°\text{C})$$

$$q_{\text{water}} = 4.184\ \text{J/(g•°C)} \times 125\ \text{g} \times 3.70°\text{C}$$

$$q_{\text{water}} = 1935.1\ \text{J}$$

إنّ كمية الحرارة التي اكتسبها الماء 1935.1 J تساوي كمية الحرارة التي فقدها الفلز، q_{metal} ، لذلك يمكنك كتابة المعادلة:

$$q_{\text{metal}} = q_{\text{water}}$$

$$q_{\text{metal}} = -1935.1\ \text{J}$$

$$c_{\text{metal}} \times \mathrm{m} \times \Delta T = -1935.1\ \text{J}$$

استخرج الآن قيمة الحرارة النوعية للفلز، c_{metal} .

$$c_{\text{metal}} = \frac{-1935.1\ \text{J}}{\mathrm{m} \times \Delta T}$$

التغير في درجة حرارة الفلز ΔT هو الفرق بين درجة الحرارة النهائية للماء ودرجة الحرارة الأولية للفلز (29.30°C − 115.0°C = −85.7°C). عوض بقيم كل من m و ΔT في المعادلة.

$$c_{\text{metal}} = \frac{-1935.1\ \text{J}}{(50.0\ \text{g})(-85.7°\text{C})} = 0.453\ \text{J/(g•°C)}$$

بمقارنة الحرارة النوعية للفلز 0.453 J/(g•°C) بالقيم الواردة في **الجدول 2-2** يتبين أن هذا الفلز هو الحديد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 3-2

استعمال الحرارة النوعية تمتص قطعة فلز كتلتها 4.68 g ما مقداره 256 J من الحرارة عندما ترتفع درجة حرارتها بمقدار 182°C. مـا الحرارة النوعية للفلز؟ هل يمكن أن يكون الفلز أحد الفلـزات القلوية الأرضية الموجودة في **الجدول 2-2**؟

1 تحليل المسألة

لديك كتلة الفلز، وكمية الحرارة التي اكتسـبها، والتغير في درجة الحرارة. عليك حساب الحرارة النوعية. استخدم معادلة كمية الحرارة، واستخرج قيمة الحرارة النوعية c.

المعطيات

كتلة الفلز $m = 4.68\ g$

كمية الحرارة المكتسبة، $= ?\ J/(g \cdot °C)$

$\Delta T = 182°C$

المطلوب

الحرارة النوعية $c = ?\ J/g.°C$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كمية الحرارة q

$$q = c \times m \times \Delta T$$

حل المعادلة لإيجاد C

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوض $q = 256\ J.\ m = 4.68\ g$

$\Delta T = 182°C$

$$c = \frac{256\ J}{(4.68\ g)(182°C)} = 0.301\ J/(g.°C)$$

بالرجوع إلى **الجدول 2-2** فإن الفلز هو الإسترانشيوم.

3 تقويم الإجابة

الكميات الثلاث المسـتخدمة في الحل تحوي ثلاثة أرقام معنوية، والإجابة تتكون من ثلاثة أرقام، وهذا صحيح. الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

مسائل تدريبية

12. عينة من فلز كتلتها 90.0 g امتصت 25.6 J من الحرارة عندما ازدادت درجة حرارتها 1.18°C. ما الحرارة النوعية للفلز؟

13. ارتفعت درجة حرارة عينة من الماء من 20.0°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650 J من الحرارة. ما كتلة العينة؟

14. ما كميـة الحـرارة التي تكتسـبها صـخـرة مـن الجـرانيت كتلتهـا 2.00×10^3 g إذا ارتفعـت درجة حرارتها من 10.0°C إلى 29.0°C، إذا علمت أن الحرارة النوعية للجرانيت 0.803 J/(g.°C)؟

15. تحفيز إذا فقدت 335 g من الماء، عند درجة حرارة 65.5°C كمية حرارة مقدارها 9750 J، فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

الطاقة الكيميائية والكون Chemical Energy and the Universe

يرافـق كل تفاعل كيميائي وكل تغير في الحالة الفيزيائية إطلاق أو امتصاص حرارة. وتدرس **الكيمياء الحرارية** تغيرات الحـرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية وتغيرات الحالة الفيزيائية. فمثلاً ينتج دائمًا عن حرق الوقود حرارة، وتصمّم بعض المنتجات لتعطي حرارة عند الطلب. فمثلاً يستخدم الجنود في الميدان تفاعلاً شديدًا طاردًا للحرارة لتسخين وجباتهم. كما قد تُستخدم كمّادة ساخنة لتدفئة الأيدي في الأيام الباردة. وتنتج هذه الطاقة المنطلقة من الكمّادة الساخنة نتيجة للتفاعل الكيميائي الآتي:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 1625\ kJ$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

تحديد الحرارة النوعية

كيف تستطيع أن تحدد الحرارة النوعية لفلز؟

يمكنك استخدام الكأس المصنوعة من البوليسترين بوصفها مسعرًا لتحديد الحرارة النوعية لفلز.

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجل فيه بياناتك.
3. اسكب 150 mL تقريبًا من الماء المقطر في كأس زجاجية سعتها 250 mL. ثم ضع الكأس على السخان الكهربائي.
4. قس كتلة قطعة الفلز بالميزان.
5. أمسك قطعة الفلز بحذر بالملقط، وضعها في الكأس التي على السخان الكهربائي.
6. قس 90.0 mL من الماء المقطر بالمخبار المدرج.
7. اسكب الماء في كأس بوليسترين موضوعة داخل كأس زجاجية ثانية سعتها 250 mL.
8. قس درجة حرارة الماء بمقياس حرارة غير زئبقي.
9. عندما يبدأ الماء الموجود في الكأس التي على السخان الكهربائي في الغليان قس درجة الحرارة وسجلها على أنها درجة الحرارة الأولية للفلز.
10. أمسك قطعة الفلز الساخنة بالملقط بحذر، وضعها في الماء البارد الموجود في كأس البوليسترين. لا تلمس الفلز الساخن بيديك.
11. حرك الماء في الكأس، وقس أعلى درجة حرارة يصل إليها بعد إضافة الفلز.

التحليل

12. احسب كمية الحرارة التي اكتسبها الماء، علمًا بأن الحرارة النوعية للماء 4.184 J/(g.°C). ولأن كثافة الماء تساوي 1.0 g/mL، استخدم حجم الماء على أنه الكتلة.
13. احسب الحرارة النوعية للفلز. افترض أن الحرارة التي امتصها الماء تساوي الحرارة التي فقدها الفلز.
14. قارن القيمة التي حصلت عليها في التجربة بالقيمة المقبولة للفلز.
15. صف مصادر الخطأ الرئيسة في هذه التجربة. ما التحسينات التي يمكن أن تعملها في هذه التجربة لتقليل الخطأ؟

عرفت أن الحرارة التي تنطلق من الكمادة تنتج عن تفاعل كيميائي. لذا عليك أن تفكر بالكمادة ومحتوياتها بوصفها نظامًا. تُعرّف الكيمياء الحرارية **النظام** بأنه جزء معين من الكون يحتوي على التفاعل أو العملية التي تريد دراستها، وأن كل شيء في الكون غير النظام يسمى **المحيط**. لذلك يعرف **الكون** بأنه النظام مع المحيط.

الكون= النظام+المحيط

ما نوع انتقال الطاقة الذي يحدث في أثناء التفاعل الطارد للحرارة في الكمّادة الساخنة؟ تنتقل الحرارة الناتجة عن التفاعل من الكمادة الساخنة (النظام) إلى يديك الباردتين (جزء من المحيط). ماذا يحدث في العملية أو التفاعل الماصّ للحرارة؟ ينعكس انتقال الحرارة؛ إذ تنتقل الحرارة من المحيط إلى النظام. فعلى سبيل المثال، عند خلط هيدروكسيد الباريوم مع بلورات ثيوسيانات الأمونيوم في كأس، كما يظهر في **الشكل 6-2**، ينتج تفاعل ماصّ للحرارة بشدة. وعند وضع الكأس التي تحوي هذا التفاعل على لوح مبتل بالماء تنتقل الحرارة من الماء واللوح (المحيط) إلى داخل الكأس (النظام)، فيحدث تغير كبير في درجة الحرارة، يتسبب في تجمد الماء الذي بين اللوح والكأس، مما يجعل الكأس تلتصق باللوح. ولا ينصح بإجراء هذا التفاعل نظرًا للمخاطر المرافقة لاستخدام مادة ثيوسيانات الأمونيوم، إذ إنها مادة شديدة السميّة ضارة عند الاستنشاق والتلامس مع الجلد أو الابتلاع.

المحتوى الحراري وتغيراته تعتمد كمية الحرارة الكلية التي تحتوي عليها مادة ما على عوامل كثيرة، وبعض هذه العوامل غير مفهوم تمامًا حتى الآن. لذلك من المستحيل معرفة كمية الحرارة الكلية الموجودة في المادة. ومن حسن الحظ أن

الشكل 6-2 في هذا التفاعل الماص للحرارة يمتص خليط التفاعل كمية كافية من الطاقة من الماء الذي يبلل اللوح ومن اللوح نفسه، فتنخفض درجة حرارة الماء حتى التجمد فيمسك اللوح بالكأس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيميائيين يهتمون بدراسة تغيرات الطاقة في أثناء التفاعلات الكيميائية أكثر من اهتمامهم بكمية الطاقة الموجودة في المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة. يمكن قياس كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة للكثير من التفاعلات باستخدام المسعر عند ضغط ثابت، كما هو موضح في التجربة في **الشكل 5-2**. ولأنّ كأس البوليسترين غير مغلقة فالضغط ثابت. يحدث الكثير من التفاعلات عند ضغط جوي ثابت، ومن ذلك تلك التي تحدث في المخلوقات الحية التي تعيش على سطح الأرض، وفي البرك والمحيطات، وكذلك التفاعلات التي تحدث في الكؤوس والدوارق المفتوحة داخل المختبرات. يرمز إلى الطاقة المنطلقة أو المتولدة من التفاعلات التي تحدث عند ضغط ثابت في بعض الأحيان بالرمز q_p. ولتسهيل قياس أو دراسة تغيرات الطاقة التي ترافق تلك التفاعلات وضع الكيميائيون خاصية أسموها المحتوى الحراري. ويعرّف **المحتوى الحراري** (H) بأنه مقدار الطاقة الحرارية المخزنة في مول واحد من المادة تحت ضغط ثابت.

وعلى الرغم من عدم مقدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري للمادة إلا أنه يمكنك أن تقيس التغير في المحتوى الحراري، وهو كمية الحرارة الممتصّة أو المنطلقة في التفاعل الكيميائي. ويسمى التغير في المحتوى الحراري **المحتوى للتفاعل الحراري (أو حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت سابقًا أن الرمز المسبوق بالحرف اليوناني دلتا (Δ) يعني التغير في خاصية ما. لذا فإن ΔH_{rxn} يعني الفرق بين المحتوى الحراري للمواد التي توجد عند نهاية التفاعل H_{final} والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في البداية $H_{initial}$.

$$\Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial}$$

ولأن المواد المتفاعلة هي التي تكون عند بداية التفاعل reactants، والمواد الناتجة توجد عند نهايته Products، يمكن التعبير عن ΔH_{rxn} بالمعادلة:

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$$

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل تذكّر التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الكمّادة الساخنة.

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 1625\ kJ$$

يتبين من معادلة التفاعل أنّ المواد المتفاعلة في هذا التفاعل الطارد للحرارة تفقد حرارة، لذلك يكون $H_{products} < H_{reactants}$، لذا عند طرح $H_{reactants}$ من $H_{products}$ التي كميتها أصغر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn}، ويقودنا ذلك إلى أنّ تغيرات المحتوى الحراري للتفاعلات الطاردة للحرارة سالبة دائمًا. لذلك فإن معادلة التفاعل الذي يحدث في الكمّادة الساخنة والتغير في محتواه الحراري تكتب عادةً كما يأتي:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}\ \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

ويبين **الشكل 7-2** مخطط التغير في المحتوى الحراري.

الشكل 7-2 يشير السهم المتجه إلى أسفل إلى أن 1625 J من الحرارة انطلقت إلى المحيط، في التفاعل بين الحديد والأكسجين لتكوين Fe_2O_3. يمكن استخدام كمّادة ساخنة من هذا النوع لتدفئة الأيدي الباردة.

اشرح كيف يبين المخطط أن التفاعل طارد للحرارة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 8-2 يبين السهم الذي يشير إلى أعلى أن 27 kJ من الحرارة قد تم امتصاصها من المحيط في أثناء عملية إذابة NH_4NO_3. يعد هذا التفاعل الأساس في صناعة الكمّادة الباردة؛ فعند وضع الكمّادة على كاحل الشخص يزود الكاحل الكمادة بالحرارة و يبرد هو بدوره.

حدد ما مقدار الطاقة التي تمتصها نترات الأمونيوم عند استعمال الكمّادة الباردة؟

الآن تذكر عملية الكمّادة الباردة.

$$27\ \text{kJ} + NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH_{4\,(aq)}^{+} + NO_{3\,(aq)}^{-}$$

في هذه العملية الماصة للحرارة يكون $H_{products} > H_{reactants}$، لذلك عندما تطرح $H_{reactants}$ من الكمية الكبرى $H_{products}$ نحصل على قيمة موجبة لـ ΔH_{rxn}. يكتب الكيميائيون معادلة التفاعل الذي يحدث في الكمّادة الباردة والتغير في محتواه الحراري بالطريقة الآتية:

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH_{4\,(aq)}^{+} + NO_{3\,(aq)}^{-} \quad \Delta H_{rxn} = 27\ \text{kJ}$$

يبين **الشكل 8-2** التغير في الطاقة في الكمّادة الباردة، حيث يزيد المحتوى الحراري للنواتج بمقدار 27 kJ على المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؛ لأنه تم امتصاص طاقة. لذلك تكون إشارة ΔH لهذا التفاعل وجميع التفاعلات والعمليات الماصّة للحرارة موجبة. تذكر أن إشارة ΔH_{rxn} سالبة للتفاعلات والعمليات الطاردة للحرارة.

التغير في المحتوى الحراري ΔH يساوي الحرارة المكتسبة أو المفقودة q_p في أي تفاعل أو عملية تحدث عند ضغط ثابت. ولأن جميع التفاعلات الواردة في هذا الفصل تحدث عند ضغط ثابت يمكنك أن تفترض أن $q = \Delta H_{rxn}$.

التقويم 2-2

الخلاصة

- تعرِّف الكيمياء الحرارية الكون على أنه النظام مع المحيط.
- تسمى كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة في النظام في أثناء التفاعل أو العملية التي تتم تحت ضغط ثابت التغيُّر في المحتوى الحراري (ΔH_{rxn}).
- عندما يكون ΔH_{rxn} موجبًا يكون التفاعل ماصًّا للحرارة، أما عندما يكون ΔH سالبًا فيكون التفاعل طاردًا للحرارة.

16. **الفكرة الرئيسة** **صف** كيف تحسب كمية الحرارة المكتسبة أو المنطلقة من المادة عندما تتغير درجة حرارتها؟

17. **اشرح** لماذا تكون إشارة ΔH_{rxn} سالبة للتفاعل الطارد للحرارة؟

18. **اشرح** لماذا يشكل الحجم المعلوم من الماء جزءًا مهمًّا من المسعر؟

19. **اشرح** لماذا يجب أن تعرف الحرارة النوعية للمادة حتى تحسب الحرارة المكتسبة أو المفقودة من المادة نتيجة تغير درجة الحرارة؟

20. **صف** معنى النظام في الديناميكا الحرارية، واشرح العلاقة بين النظام والمحيط والكون.

21. **احسب** الحرارة النوعية J/(g.°C) لمادة مجهولة؛ إذ تطلق عينة كتلتها 2.50 g منها 12.0 cal عندما تتغير درجة حرارتها من 25°C إلى 20.0°C (استعن بالجدول **1 - 2** صفحة 58).

22. **صمّم تجربة** صِف خطوات العمل التي يمكنك أن تتبعها لإيجاد الحرارة النوعية لقطعة فلز كتلتها 45.0 g .

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–3

المعادلات الكيميائية الحرارية
Thermochemical Equations

الأهداف

- **تكتب** معادلات كيميائية حرارية تمثل تفاعلات كيميائية وعمليات أخرى.
- **تصف** كيف تفقد الطاقة أو تكتسب في أثناء تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة.
- **تحسب** الطاقة الممتصة أو المنطلقة في تفاعل كيميائي.

مراجعة المفردات

تفاعل الاحتراق: هو تفاعل كيميائي يحدث عند تفاعل مادة مع الأكسجين، مطلقًا طاقة على شكل حرارة وضوء.

المفردات الجديدة

المعادلة الكيميائية الحرارية

حرارة الاحتراق

حرارة التبخر المولارية

حرارة الانصهار المولارية

الفكرة الرئيسة **تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو المتصّة في التفاعلات الكيميائية.**

الربط مع الحياة هل شعرت في أي وقت بالإجهاد بعد سباق صعب أو أي نشاط شاق؟ إذا شعرت أن طاقة جسمك أصبحت أقل مما كانت عليه قبل ذلك الحدث فقد كنت على حق. يتعلق ذلك الشعور بالتعب بتفاعلات الاحتراق التي تحدث داخل خلايا جسمك، وهو الاحتراق نفسه الذي قد تشاهده عند احتراق الوقود.

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية
Writing Thermochemical Equations

إن التغير في الطاقة جزء مهم من التفاعلات الكيميائية، لذلك يضمّن الكيميائيون ΔH في الكثير من المعادلات الكيميائية. وتسمى المعادلات الكيميائية التي تكتب فيها قيم ΔH معادلات كيميائية حرارية.

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \qquad \Delta H = -1625\ kJ$$
$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow NH^+_{4\,(aq)} + NO^-_{3(aq)} \qquad \Delta H = 27\ kJ$$

تكتب **المعادلة الكيميائية الحرارية** في صورة معادلة كيميائية موزونة تشتمل على الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة، والتغير في الطاقة، والذي يعبّر عنه عادة بأنه تغير في المحتوى الحراري ΔH.

ينتج عن تفاعل احتراق الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الطارد للحرارة – في أثناء عملية الأيض في الجسم – كمية كبيرة من الطاقة، كما هو مبين في المعادلة الكيميائية :

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{comb} = -2808\ kJ$$

يسمى المحتوى الحراري الناتج عن حرق 1 mol من المادة احتراقًا كاملاً **حرارة الاحتراق** enthalpy (heat) of combustion(ΔH_{comb}). ويبين **الجدول 3-2** تغيرات المحتوى الحراري القياسية لعدة مواد. ويستعمل الرمز ΔH° ليدل على تغير المحتوى الحراري القياسي. فالرمز(°) يبين أن تغيرات المحتوى الحراري قد تم تحديدها للمواد المتفاعلة والناتج جميعها عند الظروف القياسية (ضغط جوي 1 atm ودرجة حرارة 25 °C)، ويجب عدم الخلط بينها وبين درجة الحرارة والضغط القياسيين STP.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 3-2	حـرارة الاحتراق القياسية	
المادة	الصيغة الكيميائية	ΔH°_{comb} kJ/mol
السكروز (سكر المائدة)	$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$	−5644
الأوكتان (أحد مكونات البنزين)	$C_8H_{18(l)}$	−5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفواكه)	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	−2808
البروبان (وقود غازي)	$C_3H_{8(g)}$	−2219
الميثان (وقود غازي)	$CH_{4(g)}$	−891

تغيرات الحالة Changes of State

هناك الكثير من العمليات غير الكيميائية التي تُمتص الطاقة فيها أو تُطلق. فكّر مثلاً فيما يحدث عندما تخرج من حمّام ساخن، لا بد أنك تشعر برعشة جسمك في أثناء تبخّر الماء عن جلدك؛ وذلك لأن جلدك يزود الماء بالحرارة التي يحتاج إليها لكي يتبخر، وكلما امتص الماء الحرارة من جلدك وتبخر ازدادت برودة جسمك.

تسمّى الحرارة اللازمة لتبخر 1 mol من سائل **حرارة التبخر المولارية** (ΔH_{vap}) Molar enthalpy (heat) of vaporization. وبالمثل أيضًا إذا أردت شرب كأس ماء بارد فقد تضع فيه مكعبًا من الثلج؛ فيبرد الماء؛ لأنه يزود مكعب الثلج بالحرارة لكي ينصهر. تسمى الحرارة اللازمة لصهر 1 mol من مادة صلبة **حرارة الانصهار المولارية** Molar enthalpy (heat) of fusion (ΔH_{fus}). ولأن تبخر السائل وصهر المادة الصلبة عمليتان ماصتان للحرارة، تكون ΔH لكل من العمليتين موجبة. يبين **الجدول 4-2** حرارة التبخر والانصهار القياسية لعدد من المواد المألوفة.

الجدول 4-2	حرارة التبخر والانصهار القياسية		
المادة	الصيغة الكيميائية	ΔH°_{vap} kJ/mol	ΔH°_{fus} kJ/mol
الماء	H_2O	40.7	6.01
الإيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الإيثانويك (الخل)	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات الحالة يمكن وصف تبخر الماء وصهر الجليد بالمعادلتين الآتيتين:

$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{vap} = 40.7\ kJ$$

$$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 6.01\ kJ$$

تبين المعادلة الأولى أن 40.7 kJ من الطاقة تُمتص عندما يتحول 1 mol من الماء الى 1 mol من بخار الماء. بينما تشـير المعادلة الثانية إلى أن 6.01 kJ من الطاقـة تُمتص عندما ينصهر مول واحد من الجليـد ليكون مولاً واحدًا من الماء السائل.

ماذا يحدث في العمليتين العكسـيتين عندما يتكثّف بخـار الماء ليكوِّن الماء السائل أو عندما يتجمد الماء مكونًا الجليد؟ كميات الحرارة في هذه العمليات الطاردة للحرارة مسـاوية لكميات الحرارة التي تمتـص في عمليتي التبخر والانصهـار الماصتين للحرارة. وهكذا فإن قيمة حـرارة التكثّف المولارية Molar enthalpy (heat) of condensation (ΔH_{cond}) وقيمـة حرارة التبخير المولارية متسـاويتان رقميًّا وإن اختلفتا في الإشارة. كذلك فإن قيمـة حرارة التجمـد المولارية (ΔH_{solid}) وقيمة حـرارة الانصهار المولاريـة لهما القيمة الرقمية نفسـها، ولكنهما تختلفان في الإشـارة. وهذه العلاقات موضحة في **الشكل 9-2**.

$$\Delta H_{vap} = -\Delta H_{cond}$$

$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{solid}$$

قارن بين معادلتي تكثّف وتجمد الماء الآتيتين بالمعادلتين المتعلقتين بتبخر الماء وصهره.

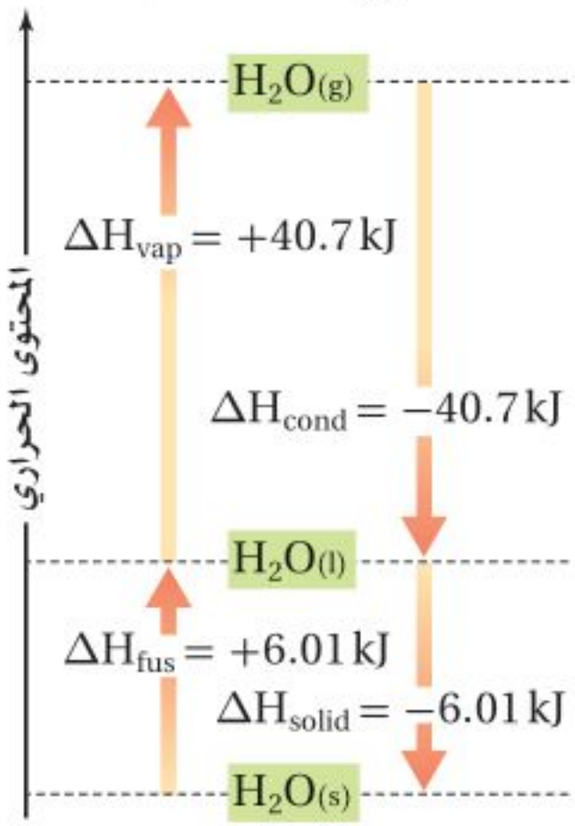
$$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{cond} = -40.7\ kJ$$

$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{solid} = -6.01\ kJ$$

يسـتغل بعض المزارعين في البلاد الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضراوات من التجمد. فـإذا كان من المتوقع أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد في أحد الأيام فإنهم يغمرون بسـاتينهم وحقولهم بالماء في تلك الليلة. ويعود السـبب في ذلك إلى أن عمليـة تجمد الماء تطلق طاقة ΔH_{solid} تدفـئ الهواء المحيط لدرجة كافيـة لمنع الفاكهة والخضراوات من التلف. وسـوف ترسم في مختبر حل المشـكلات الآتي منحنى تسخين الماء لتفسير استعمال حرارة الانصهار والتبخر.

ماذا قرأت؟ صنف عمليات كل مـن التكثّف، والتجمّد، والتبخّر، والانصهار، إلى طاردة للحرارة أو ماصّة لها.

الشكل 9-2 الأسهم التي تشير إلى أعلى تدل على أن طاقة النظام تزداد عندما ينصهر الماء، ثم يتبخر. وتدل الأسهم التي تشير إلى أسفل على أن طاقة النظام تقل عندما يتكثَّف الماء ويتجمد.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر حل المشكلات

اعمل رسومًا بيانية واستعملها

كيف ترسم منحنى التسخين للماء؟

تتجاذب جزيئات الماء بشدة بعضها نحو بعض لأنها قطبية، وتكوِّن روابط هيدروجينية فيما بينها. وتفسر قطبية الماء حرارته النوعية العالية، وحرارة الانصهار والتبخير العاليتين نسبيًّا.

التحليل

استعمل بيانات الجدول لرسم منحنى التسخين لعينة من الماء كتلتها 180 g عند تسخينها بمعدل ثابت من $-20°C$ إلى $120°C$. ثم سجل الوقت الذي يحتاج إليه الماء ليمر في كل قطاع من الرسم البياني.

التفكير الناقد

1. **حلل** كلًّا من الأجزاء الخمسة من الرسم. والتي تتميز بتغير حاد في ميل المنحنى. وبين كيف يغير امتصاص الحرارة من طاقة الوضع وطاقة الحركة لجزيئات الماء.
2. **احسب** كمية الحرارة اللازمة لكل منطقة من الرسم.

$180\ g\ H_2O = 10\ mol\ H_2O, \Delta H_{fus} = 6.01\ kJ/mol,$
$\Delta H_{vap} = 40.7\ kJ/mol, C_{H_2O(s)} = 2.03\ J/g \cdot °C,$
$C_{H_2O(\ell)} = 4.184\ J/g \cdot °C, C_{H_2O(g)} = 2.01\ J/g \cdot °C$

ما علاقة الزمن اللازم في كل منطقة في الرسم بكمية الحرارة الممتصة؟

3. **استنتج** كيف يبدو شكل منحنى التسخين للإيثانول؟ ينصهر الإيثانول عند $-114\ °C$ ويغلي عند $78\ °C$. ارسم منحنى تسخين الإيثانول في مدى درجات الحرارة من $-120\ °C$ إلى $90\ °C$. ما العوامل التي تحدد طول الأجزاء التي تثبت فيها درجة الحرارة (الخطوط الأفقية)، وميل المنحنى بين الأجزاء التي تتغير فيها درجة الحرارة؟

بيانات الزمن ودرجة حرارة الماء

الزمن min	درجة الحرارة C°	الزمن min	درجة الحرارة C°
0.0	−20	13.0	100
1.0	0	14.0	100
2.0	0	15.0	100
3.0	9	16.0	100
4.0	26	17.0	100
5.0	42	18.0	100
6.0	58	19.0	100
7.0	71	20.0	100
8.0	83	21.0	100
9.0	92	22.0	100
10.0	98	23.0	100
11.0	100	24.0	100
12.0	100	25.0	120

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 4-2

الحرارة المنطلقة من تفاعل يستعمل المسعر في قياس الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؛ إذ يتم التفاعل في حجم ثابت يحوي أكسجينًا مضغوطًا ضغطًا عاليًا. ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 54.0 g جلوكوز $C_6H_{12}O_6$ بحسب المعادلة الآتية:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{comb} = -2808\ kJ$$

1 تحليل المسألة

لديك كتلة معروفة من الجلوكوز، ومعادلة احتراق الجلوكوز، و ΔH_{comb}. عليك تحويل جرامات الجلوكوز إلى مولات. ولأن الكتلة المولية للجلوكوز أكثر ثلاث مرات من كتلة الجلوكوز المحترق، يمكنك أن تتوقع أن الحرارة الناتجة ستكون أقل من ثلث ΔH_{comb}.

المعطيات

كتلة الجلوكوز $C_6H_{12}O_6 = 54.0\ g$

$\Delta H_{comb} = -2808\ kJ$

المطلوب

$q = ?\ kJ$

2 حساب المطلوب

حول جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$

اضرب في مقلوب الكتلة المولية $\frac{1\ mol}{180.18\ g}$

$$54.0\ \cancel{g\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}{180.18\ \cancel{g\ C_6H_{12}O_6}} = 0.300\ mol\ C_6H_{12}O_6$$

اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في المحتوى الحراري للاحتراق، ΔH_{comb}

اضرب مولات الجلوكوز في $\frac{2808\ kJ}{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}$

$$0.300\ \cancel{mol\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{2808\ kJ}{1\ \cancel{mol\ C_6H_{12}O_6}} = 842\ kJ$$

3 تقويم الإجابة

الطاقة الناتجة أقل من ثلث ΔH_{comb}.

مسائل تدريبية

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استعن **بالجدول 4-2** .

24. ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثّف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه؟ استعن **بالجدول 4-2** لتحديد ΔH_{cond} .

25. تحفيز. ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب احتراقها لإطلاق 12880 kJ من الحرارة؟ استعن **بالجدول 3-2** .

الربط مع علم الأحياء عند احتراق 1 mol من الجلوكوز في مسعر ينطلق 2808 kJ من الحرارة. وتنطلق الكمية نفسها من الحرارة في عملية أيض كتلة مساوية من الجلوكوز خلال عملية التنفس الخلوي. وتحدث هذه العملية في كل خلية داخل جسمك في سلسلة من الخطوات المعقدة؛ حيث يتكسّر الجلوكوز وينطلق ثاني أكسيد الكربون والماء اللذان ينتجان أيضًا عن حرق الجلوكوز في المسعر، وتخزن الحرارة الناتجة في صورة طاقة وضع كيميائية في روابط جزيئات ثلاثي فوسفات الأدينوسين ATP. وعندما يحتاج أي جزء من الجسم إلى الطاقة تقوم جزيئات ATP بإطلاق كمية الطاقة المطلوبة.

تجربة عملية

حرارة احتراق مادة الشمع

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

تفاعل الاحتراق عبارة عـن تفاعل الوقود مع الأكسـجين. وفي الأنظمة الحيوية يعد الطعامُ الوقودَ اللازمَ للاحتراق. يبين **الشـكل 10-2** بعض الأغذية العديدة التـي تحتوي على الجلوكوز بالإضافة إلى أغذية أخرى تحتوي على الكربوهيدرات، والتي تتحول بدورها إلى جلوكوز داخل جسـمك. كما أنك تعتمد على تفاعلات الاحتراق في تدفئة منزلك. فمثلاً يُحرق غاز الميثان بوصفه وسـيلة لطهو الطعام أو تدفئة المنازل؛ إذ ينتج عن حرق 1 mol من الميثان 891 kJ من الطاقة الحرارية، كما تبين المعادلة الكيميائية:

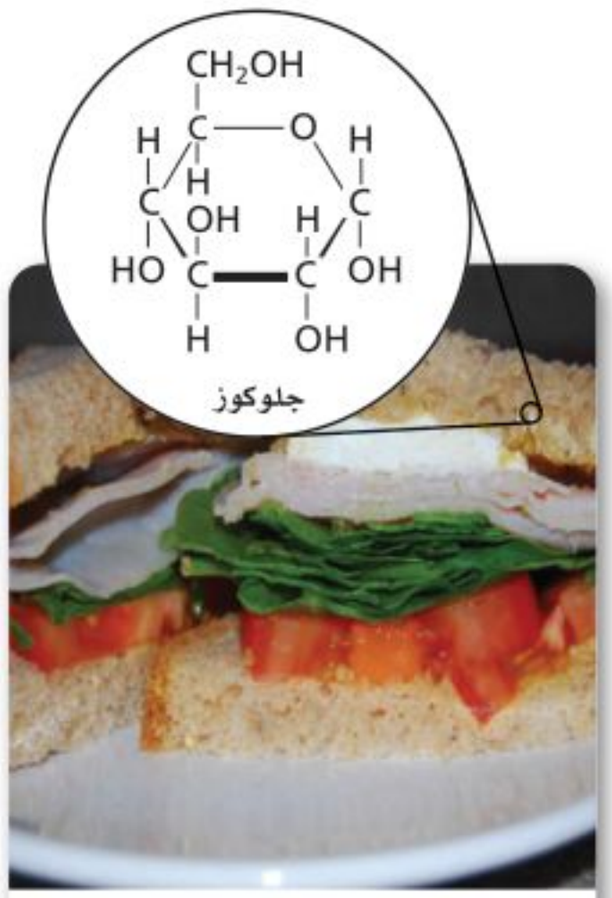
$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 891\ kJ$$

تعمل معظم المركبات- ومنها السـيارات والطائرات والسـفن والشـاحنات- باحتراق الجاوزلين، والذي يتكون غالبًا من الأوكتان C_8H_{18}. ويبين **الجدول 3-2** أن احتراق 1mol من الأوكتان ينتج 5471kJ من الحرارة.

$$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2}O_{2(g)} \rightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} + 5471\ kJ$$

كما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين معًا لتوفير الطاقة اللازمة لرفع مكوك الفضاء إلى ارتفاعات شاهقة في الفضاء.

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + 286\ kJ$$



الشكل 10-2 هذه الأغذية هي وقود للجسم. فهي تزود الجسم بالجلوكوز الذي يحترق لإنتاج 2808 kJ/mol ليقوم الجسم بأنشطته الحيوية.

التقويم 3-2

الخلاصة

- تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الطبيعيـة للمواد المتفاعلة والنواتج، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.
- حرارة التبخـر المولارية ΔH_{vap}، هي كمية الطاقة اللازمة لتبخر مول واحد من السائل.
- حـرارة الانصـهار المـولارية ΔH_{fus}، هي كمية الحرارة اللازمة لـصـهر مول واحـد من المـادة الصلبة.

26. الفكرة الرئيسة **اكتـب** مـعادلة كيميائية حرارية كاملة لاحتراق الإيثانول C_2H_5OH إذا علمت أن $\Delta H_{comb} = -1367\ kJ/mol$

27. حدد أي العمليات الآتية طاردة للحرارة، وأيها ماصّة لها؟

a. $C_2H_5OH_{(l)} \rightarrow C_2H_5OH_{(g)}$

b. $Br_{2(l)} \rightarrow Br_{2(s)}$

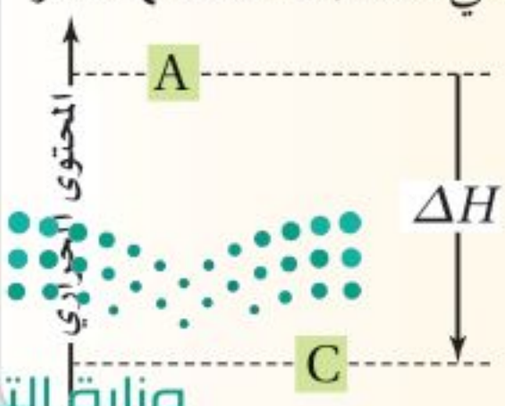
c. $C_5H_{12(g)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$

28. اشرح كيف يمكنك حساب الحرارة المنطلقة عند تجمد 0.25 mol ماء.

29. احسـب كمية الحـرارة المنطلقة عنـد احتراق 206 g من غـاز الهيدروجين؟ $\Delta H_{comb} = -286\ kJ/mol$

30. طبّـق إذا كانت حرارة التبخُّر المولارية للأمونيا هي 23.3 kJ /mol فما مقدار حرارة التكثّف المولارية للأمونيا؟

31. تفسير الرسـوم العلمية يبين الرسم المجاور المحتـوى الحـراري للتفاعـل $A \rightarrow C$. هل التفاعل طارد أم ماصّ للحرارة؟ فسر إجابتك.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–4

الأهداف

- **تطبق** قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.
- **توضح** المقصود بحرارة التكوين القياسية.
- **تحسب** التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH°_{rxn} مستعملاً المعادلات الكيميائية الحرارية.
- **تحسب** التغير في المحتوى الحراري لتفاعل باستعمال بيانات حرارة التكوين القياسية.

مراجعة المفردات

التآصل: ظاهرة وجود شكل أو أكثر لعنصر بتراكيب وخصائص مختلفة عند الحالة الفيزيائية نفسها.

المفردات الجديدة

قانون هس

حرارة التكوين القياسية

حساب التغير في المحتوى الحراري
Calculating Enthalpy Change

الفكرة الرئيسة **يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.**

الربط مع الحياة لعلك قرأت قصة من فصلين أو من جزأين، بحيث يخبر كل جزء ببعض أحداث القصة. عليك أن تقرأ الجزأين معًا لتفهم القصة كلها. بعض التفاعلات تشبه ذلك؛ إذ يمكن فهمها بشكل أفضل إذا نظرت إليها في مجموع تفاعلين بسيطين أو أكثر.

قانون هس Hess's Law

يكون من المستحيل أحيانًا أو من غير العملي أن تقيس التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل باستعمال المسعر. يبين **الشكل 11-2** تغير الكربون في صورته المتآصلة (الألماس)، إلى الكربون في صورته المتآصلة (الجرافيت). $C(s, \text{جرافيت}) \rightarrow C(s, \text{ألماس})$.

يحدث هذا التفاعل ببطء شديد، مما يجعل من المستحيل أن نقيس التغير في محتواه الحراري. وهناك تفاعلات أخرى تحدث في ظروف يصعب إيجادها في المختبر، كما أن هناك تفاعلات تعطي نواتج غير النواتج المطلوبة منها، فيستعمل الكيميائيون طريقة نظرية لإيجاد ΔH لمثل هذه التفاعلات. لنفترض أنك تدرس تكوين ثالث أكسيد الكبريت في الجو، فعليك أن تحدد ΔH للتفاعل.

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = ?$$

لسوء الحظ، إن التجارب المختبرية التي تجرى لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت لتحديد ΔH للتفاعل ينتج عنها مخلوط من النواتج، معظمها يتكون من ثاني أكسيد الكبريت SO_2. في مثل هذه الحالة يمكنك حساب ΔH باستعمال قانون هس للجمع الحراري. ينص **قانون هس** على أن حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري تتوقف على طبيعة المواد الداخلة في التفاعل والمواد الناتجة منه، وليس على الخطوات أو المسار الذي يتم فيه التفاعل.

الشكل 11-2 إن التعبير الذي يقول إن "الألماس يبقى إلى الأبد diamonds are forever" يدل على أن عملية تحويل الألماس إلى جرافيت عملية بطيئة جدًّا حتى أنه من المستحيل أن تقيس التغير في محتواه الحراري.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تطبيق قانون هس كيف يمكن استعمال قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي ينتج ثالث أكسيد الكبريت SO_3؟

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = ?$$

الخطوة 1 نحتاج إلى الاطلاع على معادلات كيميائية حرارية معلومة تُظهر التغير في المحتوى الحراري للمواد الداخلة والناتجة في التفاعل المطلوب حسابَ التغير في المحتوى الحراري له. المعادلتان الآتيتان تحتويان على SO_3 و O_2 و S:

$$\text{a. } S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H = -297\ kJ$$
$$\text{b. } 2SO_{3(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = 198\ kJ$$

الخطوة 2 تبين معادلة التفاعل الكلي أنّ 2mol من الكبريت يتفاعلان، إذن أعد كتابة المعادلة a لمولين من الكبريت بضرب معاملات المعادلة في اثنين. ثم ضاعف التغير الحراري ΔH؛ لأنه عند تفاعل 2mol من الكبريت تتضاعف الحرارة بهذه التغيرات، وتصبح المعادلة a كما يأتي (المعادلة c):

$$\text{c. } 2S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H = 2(-297\ kJ) = -594\ kJ$$

الخطوة 3 تبين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له أنّ ثالث أكسيد الكبريت هو ناتج وليس مادة متفاعلة، لذا اعكس المعادلة b.

عندما تعكس المعادلة يجب عليك أيضًا أن تغير إشارة ΔH، فتصبح المعادلة b كما يأتي:

$$\text{d. } 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -198\ kJ$$

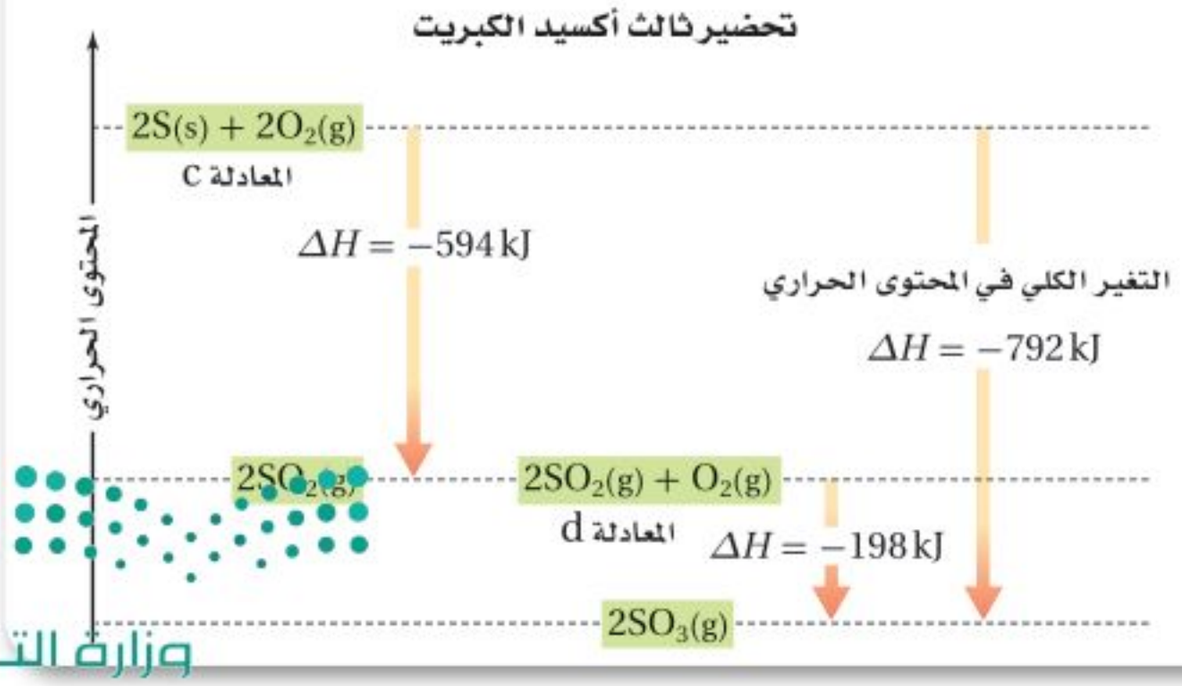
الخطوة 4 اجمع المعادلتين c و d لتحصل على المعادلة المطلوبة.

$$2S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \qquad \Delta H = -594\ kJ$$
$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \qquad \Delta H = -198\ kJ$$
$$2SO_{2(g)} + 2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -792\ kJ$$

وهكذا تصبح المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي:

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -792\ kJ$$

ويبين **الشكل 12-2** تغيرات الطاقة في هذا التفاعل.



الشكل 12-2 يدل السهم الموجود عن اليسار على إطلاق 594 kJ عند اتحاد S و O_2 لتكوين SO_2 (المعادلة c). ثم يتحد SO_2 مع O_2 لتكوين SO_3 (المعادلة d) عند إطلاق 198 kJ (السهم الأوسط). إن التغير الكلي في الحرارة (مجموع العمليتين) يمثله السهم الأيمن.

أوجد التغير في المحتوى الحراري لتحلّل SO_3 إلى S و O_2.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تكون المعادلات الكيميائيــة الحرارية عادةً موزونةً لمول واحد من الناتج. لــذا نجد أنه في الكثير من هذه المعادلات استعمال معاملات كسرية. مثلاً تُكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتفاعل الكبريت مع الأكسجين لإنتاج مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي:

$$S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)} \quad \Delta H = -396\ kJ$$

ماذا قرأت؟ **قارن** بين المعادلة أعلاه والمعادلة الكيميائية الحرارية للمواد نفسها على الصفحة السابقة.

مثال 5-2

قانــون هســ: اســتعمل المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b أدناه لإيجاد ΔH لتحلّل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2، وهو مركب له عدة استعمالات، منها إزالة لون الشعر، وتزويد محركات الصواريخ بالطاقة.

$$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

a. $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -572\ kJ$

b. $H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{2(l)} \qquad \Delta H = -188\ kJ$

1 تحليل المسألة

لديك معادلتان كيميائيتان وتغير المحتوى الحراري لكل منهما. وهاتان المعادلتان تحتويان على جميع المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة.

المعطيات

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -572\ kJ$

$H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{2(l)} \quad \Delta H = -188\ kJ$

المطلوب

$\Delta H = ?\ kJ$

2 حساب المطلوب

H_2O_2 هو مادة متفاعلة

اعكس المعادلة b وغيّر إشارة ΔH

$H_2O_{2(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = 188\ kJ$

يلزم 2 mol من H_2O_2

اضرب المعادلة b بعد عكسها في 2 لتحصل على المعادلة c

c. $2H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2O_{2(g)}$

اضرب 188 kJ في 2 لتحصل على ΔH للمعادلة c

$\Delta H = 188\ kJ \times 2 = 376\ kJ$

اكتب المعادلة c متضمنة ΔH

c. $2H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2O_{2(g)} \qquad \Delta H = 376\ kJ$

اجمع المعادلة a مع المعادلة c، واحذف كل حدّين موجودين على طرفي المعادلة المدمجة. اجمع المحتوى الحراري للمعادلتين a و c.

اكتب المعادلة a

a. $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -572\ kJ$

اكتب المعادلة c

c. $2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2O_{2(g)} \qquad \Delta H = 376\ kJ$

اجمع المعادلتين a و c

$2H_2O_{2(l)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = -196\ kJ$

3 تقويم الإجابة

ينتج عن جمع المعادلتين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في محتواه الحراري.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

32. استعمل المعادلتين a و b لإيجاد ΔH للتفاعل الآتي:

$$2CO_{(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + N_{2(g)} \qquad \Delta H = ?$$
$$a.\ 2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -566.0\ kJ$$
$$b.\ N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} \qquad \Delta H = -180.6\ kJ$$

33. تحفيز إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي $-1789\ kJ$، فاستعمل ذلك مع المعادلة a لإيجاد ΔH للتفاعل b.

$$4Al_{(s)} + 3MnO_{2(s)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} + 3Mn_{(s)} \qquad \Delta H = -1789\ kJ$$
$$a.\ 4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H = -3352\ kJ$$
$$b.\ Mn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow MnO_{2(s)} \qquad \Delta H = ?$$

الشكل 13-2 يتحد ثالث أكسيد الكبريت مع الماء في الجو مكونًا حمض الكبريتيك H_2SO_4، وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على شكل مطر حمضي، فيدمّر الأشجار والممتلكات ببطء.

حرارة التكوين القياسية

Standard Enthalpy (Heat) of Formation

يمكّنك قانون هس من حساب التغير في المحتوى الحراري ΔH، وذلك بالاعتماد على تفاعلات تم حساب ΔH لها من قبل من خلال تجارب مختبرية. ولكن عملية حساب وتسجيل قيم ΔH لكافة التفاعلات الكيميائية المعروفة مهمة صعبة وضخمة. وعوضًا عن ذلك يسجل العلماء ويستعملون التغيرات في المحتوى الحراري فقط لنوع واحد من التفاعل، وهو التفاعل الذي يتكون فيه المركب من عناصره في حالاتها القياسية؛ عند ضغط جوي واحد (1atm) ودرجة حرارة 25°C (298 K). فالحديد مثلاً صلب، والزئبق سائل، والأكسجين غاز ثنائي الذرة في الحالة القياسية.

ويسمى ΔH لهذا التفاعل المحتوى الحراري، أو حرارة التكوين القياسية للمركب. ويعرف المحتوى الحراري أو **حرارة التكوين القياسية** ΔH_f° بأنها التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية.

ويعد تفاعل تكوّن ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مثالاً على تفاعل حرارة تكوين قياسية.

$$S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)} \qquad \Delta H_f^\circ = -396\ kJ$$

ينتج عن هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت SO_3، وهو غاز خانق يتسبب في إنتاج المطر الحمضي عندما يختلط بالرطوبة الموجودة في الجو. والشكل 13-2 يبين النتائج المدمرة للمطر الحمضي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

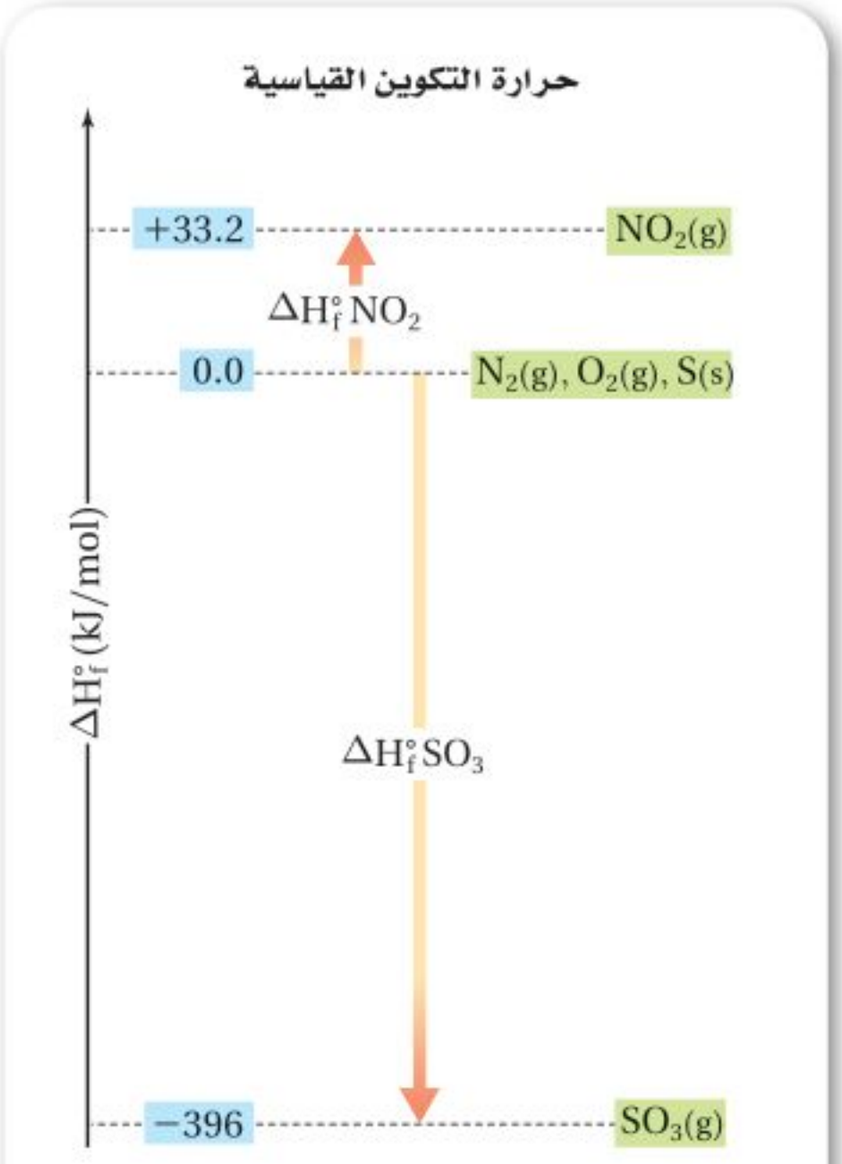
ما مصدر حرارة التكوين؟ إن حرارة التكوين القياسية تعتمد على الفرضية الآتية: العناصر في حالاتها القياسية يكون لها ΔH_f° تساوي 0.0 kJ /mol. فإذا أخذنا الصفر نقطة بداية أمكننا أن ننظم تدريجًا قيم حرارة التكوين للمركبات، والتي تم إيجادها عمليًا. يمكنك التفكير في الصفر على هذا التدريج بما يشبه الصفر المئوي 0.0°C الذي حُدِّد درجةً لتجمد الماء. وهكذا كل مادة أدفأ من الماء المتجمد تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر. وكل المواد التي تكون أبرد من الماء المتجمد يكون لها درجة حرارة أقل من الصفر.

إيجاد حرارة التكوين بالتجارب المختبرية تم قياس حرارة تكوّن كثير من المركبات في المختبر، ومنها على سبيل المثال تفاعل تكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين الموضح بالمعادلة :

$$\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = +33.2\ kJ$$

النيتروجين والأكسجين في الحالة القياسية غازان ثنائيًا الذرة، لذا تكون حرارة التكوين لكل منهما صفرًا. وعند تفاعل النيتروجين مع الأكسجين لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين وجد عمليًا أن ΔH يساوي +33.2 kJ.

وهذا يعني أن +33.2 kJ من الطاقة قد امتصت في هذا التفاعل الماصّ للحرارة. أي أنّ المحتوى الحراري للناتج NO_2 أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات بمقدار +33.2 kJ. يبين **الشكل 14-2** أنه على تدريج حرارة التكوين القياسية يوضع NO_2 فوق العناصر المكونة له بمقدار +33.2 kJ. ويوضع ثالث أكسيد الكبريت SO_3 بمقدار 396 kJ تحت الصفر؛ لأن $SO_{3(g)}$ ينتج عن تفاعل طارد للحرارة، أي أن حرارة التكوين لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° تساوي −396 kJ. يحتوي **الجدول 5-2** على قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المواد الشائعة.



الشكل 14-2 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S تساوي (0.0 kJ). عندما يتفاعل N_2 مع O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 يتم امتصاص 33.2kJ من الطاقة.

لذا فإن ΔH_f° لـ NO_2 تساوي 33.2 kJ/mol. أما عند تفاعل S مع O_2 لتكوين مول واحد من SO_3 فينطلق 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH_f° لـ SO_3 تساوي −369 kJ/mol.

توقع صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ = -286\ kJ/mol$$

الجدول 5-2 **حرارة التكوين القياسية**

المركب	معادلة التكوين	ΔH_f° (kJ/mol)
$H_2S_{(g)}$	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightarrow H_2S_{(g)}$	−21
$HF_{(g)}$	$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightarrow HF_{(g)}$	−273
$SO_{3(g)}$	$S_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{3(g)}$	−396
$SF_{6(g)}$	$S_{(s)} + 3F_{2(g)} \rightarrow SF_{6(g)}$	−1220

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 15-2 يستعمل سادس فلوريد الكبريت في الحفر على رقائق السليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. تعد أشباه الموصلات أجزاء مهمة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة ومنها الحواسيب والهواتف الخلوية ومشغلات MP3، وغيرها.

استعمال حرارة التكوين القياسية تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل ΔH°_{rxn} لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية باستعمال قانون هس. افترض أنك أردت أن تحسب ΔH°_{rxn} لتفاعل ينتج سادس فلوريد الكبريت، وهو غاز مستقر، غير نشط، له تطبيقات مهمة، أحدها مبين في **الشكل 15-2**.

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)} \qquad \Delta H^\circ_{rxn} = ?$$

الخطوة 1 ارجع إلى **الجدول 5-2** لتجد معادلة تفاعل تكوين كل من المركبات الثلاثة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية ΔH°_{rxn}.

a. $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightarrow HF_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = -273\ kJ$

b. $S_{(s)} + 3F_{2(g)} \rightarrow SF_{6(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = -1220\ kJ$

c. $H_{2(g)} + S_{(s)} \rightarrow H_2S_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = -21\ kJ$

الخطوة 2 المعادلتان **a** و **b** تصفان تكوُّن الناتجين HF و SF_6 في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية ΔH°_{rxn}، لذا استعمل المعادلتين **a** و **b** كما هما.

المعادلة **c** تصف تكوُّن H_2S، ولكن H_2S هو أحد المواد المتفاعلة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية. لذا اعكس المعادلة **c** وغيّر إشارة ΔH°_{rxn} فيها.

$$H_2S_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + S_{(s)} \qquad \Delta H^\circ_f = 21\ kJ$$

الخطوة 3 تحتاج إلى 2 mol من HF. لذلك اضرب المعادلة **a** في 2.

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = 2(-273) = -546\ kJ$$

الخطوة 4 اجمع معادلات التفاعلات الثلاث، واجمع قيم حرارة التكوين القياسية.

$$\cancel{H_{2(g)}} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = -546\ kJ$$

$$\cancel{S_{(s)}} + 3F_{2(g)} \rightarrow SF_{6(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = -1220\ kJ$$

$$H_2S_{(g)} \rightarrow \cancel{H_{2(g)}} + \cancel{S_{(s)}} \qquad \Delta H^\circ_f = 21\ kJ$$

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)} \qquad \Delta H^\circ_{rxn} = -1745\ kJ$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يمكن تلخيص خطوات حساب حرارة التفاعل القياسية ΔH°_{rxn} بالصيغة أدناه:

معادلة التجميع

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{ products})} - \Sigma \Delta H^\circ_{f(\text{ reactants})}$$

ΔH°_{rxn} تمثل حرارة التفاعل القياسية، و Σ تمثل مجموع الحدود.

انظر كيف تطبق هذه الصيغة على تفاعل كبريتيد الهيدروجين مع الفلور.

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)}$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)\Delta H^\circ_f (HF) + \Delta H^\circ_f (SF_6)] - [\Delta H^\circ_f (H_2S) + (4)\ \Delta H^\circ_f (F_2)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)(-273\text{ kJ}) + (-1220\text{ kJ})] - [-21\text{ kJ} + (4)(0.0\text{ kJ})]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = -1745\text{ kJ}$$

مثال 6-2

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} لتفاعل احتراق الميثان.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

1 تحليل المسألة

لديك معادلة والمطلوب أن تحسب التغير في المحتوى الحراري. يمكن استعمال العلاقة الرياضية:

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_{f\ (\text{ products})} - \Delta H^\circ_{f\ (\text{ reactants})}$$

المعطيات

$\Delta H^\circ_f (CO_2) = -394\text{ kJ}$

$\Delta H^\circ_f (H_2O) = -286\text{ kJ}$

$\Delta H^\circ_f (CH_4) = -75\text{ kJ}$

$\Delta H^\circ_f (O_2) = 0.0\text{ kJ}$

المطلوب

$\Delta H^\circ_{rxn} = ?\text{ kJ}$

2 حساب المطلوب

استعمل العلاقة الرياضية:

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_{f\ (\text{ products})} - \Sigma \Delta H^\circ_{f\ (\text{reactants})}$$

عوض عن المواد الناتجة بـ CO_2، H_2O وعن المواد المتفاعلة بـ CH_4،O_2. واضرب كلًّا من H_2O، و O_2 في 2

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [\Delta H^\circ_f (CO_2) + (2)\Delta H^\circ_f (H_2O)] - [\Delta H^\circ_f (CH_4) + (2)\Delta H^\circ_f (O_2)]$$

عوض في قيم حرارة التكوين في المعادلة

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(-394\text{ kJ}) + (2)(-286\text{ kJ})] - [(-75\text{ kJ}) + (2)(0.0\text{ kJ})]$$

احتراق 1mol من CH_4 يعطي 891 kJ

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [-966\text{kJ}] - [-75\text{kJ}] = -966\text{kJ} + 75\text{kJ} = -891\text{kJ}$$

3 تقويم الإجابة

القيمة التي تم حسابها هي القيمة المعطاة في الجدول **3-2** نفسها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

34. بيّن كيف أن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلًّا من التفاعلات الآتية، دون البحث عن قيم ΔH واستعمالها في الحل.

a. $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ **b.** $SO_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_2SO_{4(aq)}$

35. مستعينًا بجدول قيم حرارة التكوين القياسية في صفحة (79)، احسب ΔH°_{rxn} للتفاعل الآتي.

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

36. أوجد ΔH°_{comb} لحمض البيوتانويك، $C_3H_7COOH_{(l)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$

مستعينًا بجدول قيم حرارة التكوين والمعادلة الكيميائية أدناه:

$$4C_{(s)} + 4H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow C_3H_7COOH_{(l)} \quad \Delta H = -534\ kJ$$

37. تحفيز بدمج معادلتي حرارة التكوين a وb تحصل على معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين مع الأكسجين، الذي ينتج عنه ثاني أكسيد النيتروجين. ما قيمة ΔH°_f للتفاعل b؟

$$NO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H^\circ_{rxn} = -58.1\ kJ$$

a. $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow NO_{(g)} \quad \Delta H^\circ_f = 91.3\ kJ$

b. $\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H^\circ_f = ?$

التقويم 2-4

الخلاصة

- يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر مع تغيرات المحتوى الحراري لها.
- حرارة التكوين القياسية للمركبات تحدد مقارنة بحرارة التكوين لعناصرها في حالاتها القياسية.

38. الفكرة الرئيسة **وضح** المقصود بقانون هس، وكيف يستعمل لإيجاد ΔH°_{rxn}؟

39. اشرح بالكلمات الصيغة التي يمكن استعمالها لإيجاد ΔH°_{rxn} عند استعمال قانون هس.

40. صف كيف تعرّف العناصر في حالاتها القياسية على تدريج حرارة التكوين القياسية؟

41. تفحص البيانات في **الجدول 5-2**. ماذا يمكن أن تستنتج عن ثبات أو استقرار المركبات المذكورة مقارنةً بالعناصر في حالاتها القياسية؟ تذكر أن الثبات أو الاستقرار يرتبط مع الطاقة المنخفضة.

42. احسب استعمل قانون هس لإيجاد ΔH للتفاعل أدناه:

$NO_{(g)} + O_{(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H = ?$. مستعينًا بالتفاعلات الآتية:

$$O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)} \quad \Delta H = +495\ kJ$$

$$2O_{3(g)} \rightarrow 3O_{2(g)} \quad \Delta H = -427\ kJ$$

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = -199\ kJ$$

43. تفسير الرسوم العلمية استعمل البيانات أدناه لعمل رسمٍ لحرارة التكوين القياسية مشابهٍ **للشكل 14-2**، واستعمله في إيجاد حرارة تبخر الماء عندَ درجة حرارة 298 K.

الماء السائل: $\Delta H^\circ_f = -285.8\ kJ/mol$؛

الماء في الحالة الغازية: $\Delta H^\circ_f = -241.8\ kJ/mol$

كيف تعمل الأشياء؟

المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود

قــد لا تزودنا محطات الوقود في المســتقبل غير البعيد بأنواع مــن الجازولين فقط، ولكنها ستضخ أيضًا وقودًا يســمى E85. يمكن استعمال هذا الوقود في المركبات ذات المرونة في اســتعمال الوقود flexible fuel – vehicle أو (FFV). والفرق بين هذا النوع من المركبات والمركبات التقليديــة أن المركبات التقليدية تعمل على الجازولين بنسبة 100% أو على خليط يتكون من 10% إيثانول و90% جازولين، في حين تعمل FFV عــلى أنواع الوقود التي تعمل بها المركبــات التقليدية، وعلى E85 الذي يحتوي على 85% كحول. ويتميز الوقود E85 بعدم اعتماده على الوقود الأحفوري بنسبة عالية.

الكتابة في الكيمياء

اكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل الاحــتراق الكامل لكل من 1mol من الأوكتان C_8H_{18}، وهو أحد مكونات البنزين، و 1mol من الإيثانول.
($\Delta H_{comb}\ C_8H_{18} = -5471\ kJ/mol$; $\Delta H_{comb}\ C_2H_5OH = -1367\ kJ/mol$)
أيهما يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1mol من الوقود؟
أيهما يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 Kg من الوقود؟

مختبر الكيمياء

قياس السُّعرات الحرارية

الخلفية يطلِق حرقُ شريحة بطاطس الحرارةَ المختزنة في المواد الموجودة في الشريحة. استعمل المسعر لتجد الكمية التقريبية للطاقة الموجودة في شريحة بطاطس.

سؤال ما عدد السُّعرات في شريحة البطاطس؟

المواد والأدوات اللازمة

شريحة بطاطس كبيرة أو أي طعام خفيف مشابه
كأس سعتها 250 mL
مخبار مدرج سعته 100 mL
طبق تبخير
مقياس حرارة غير زئبقي
حامل معدني مع حلقة
شبكة تسخين
أعواد ثقاب
ساق تحريك زجاجية
ميزان

إجراءات السلامة

تحذير: بعض الأشياء الساخنة قد لا تبدو ساخنة.

لا تسخنِّ أواني زجاجية مكسورة أو جزء منها مكسور، أو متصدعة. اربط الشعر الطويل إلى الخلف. لا تأكل أي شيء يستعمل في المختبر.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قس كتلة شريحة البطاطس، وسجلها في جدول بيانات.
3. ضع شريحة البطاطس في صحن تبخير على القاعدة الفلزية لحامل الحلقة. ثبت الحلقة وشبكة التسخين بحيث تكونان على ارتفاع 10 cm فوق شريحة البطاطس.
4. قس كتلة كأس سعتها 250 mL فارغة وسجلها في جدول البيانات.
5. استعمل المخبار المدرج، لقياس 50 mL ماء، وصبه في الكأس. قس كتلة الكأس والماء وسجلها في جدول البيانات.
6. قس وسجل درجة الحرارة الأولية للماء.
7. ضع الكأس على شبكة التسخين على الحامل الحلقي، ثم أشعل شريحة البطاطس أسفل الكأس.

8. حرك الماء في الكأس بلطف في أثناء احتراق الشريحة. قس أعلى درجة حرارة يصل إليها الماء وسجلها.
9. **التخلص من النفايات** اتبع تعليمات المعلم للتخلص من المواد المستعملة في التجربة.

التحليل والاستنتاج

1. **صنف** هل التفاعل طارد للحرارة أو ماصّ لها؟ كيف عرفت ذلك؟
2. **لاحظ واستنتج** صف المادة المتفاعلة ونواتج التفاعل الكيميائي. هل استُهلكت المادة المتفاعلة (شرائح البطاطس) كليًّا؟ ما الدليل الذي يؤيد إجابتك؟
3. **احسب** كتلة الماء والتغير في درجة حرارته. استعمل المعادلة $q = c \times m \times \Delta T$ لحساب كمية الحرارة J، التي انتقلت إلى الماء من الشريحة المحترقة.
4. **احسب** حول كمية الحرارة من جول/ شريحة إلى سعر/ شريحة.
5. **احسب** كتلة الحصة الواحدة بالجرام من المعلومات الموجودة على عبوة الشرائح. حدد عدد السُّعرات الغذائية في الحصة الواحدة. استعمل بياناتك لحساب عدد السُّعرات الغذائية الناتجة عن احتراق حصة واحدة.
6. **تحليل الخطأ** قارن عدد السُّعرات الذي حسبته لكل حصة بالقيمة المذكورة على العبوة. احسب نسبة الخطأ المئوية.

الاستقصاء

توقع هل لشرائح البطاطس جميعها عدد السُّعرات نفسه؟ اعمل خطة لفحص أنواع مختلفة من الشرائح.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

2-1 الطاقة

الفكرة الرئيسة قد يتغير شكل الطاقة، وقد تنتقل، ولكنها تبقى محفوظة دائمًا.

المفردات

- الطاقة
- قانون حفظ الطاقة
- طاقة الوضع الكيميائية
- الحرارة
- السُّعر
- الجول
- الحرارة النوعية

الأفكار الرئيسة

- الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.
- طاقة الوضع الكيميائية هي الطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية للمادة نتيجة ترتيب الذرات والجزيئات.
- طاقة الوضع الكيميائية تطلق أو تمتص على شكل حرارة خلال العمليات أو التفاعلات الكيميائية.

2-2 الحرارة

الفكرة الرئيسة التغيُّر في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي المحتوى الحراري للنواتج مطروحًا منه المحتوى الحراري للمتفاعلات.

المفردات

- المسعر
- الكيمياء الحرارية
- النظام
- المحيط
- الكون
- المحتوى الحراري
- المحتوى الحراري للتفاعل

الأفكار الرئيسة

- تعرِّف الكيمياءُ الحرارية الكونَ على أنه النظام مع المحيط.
- تسمى كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة في النظام في أثناء التفاعل أو العملية التي تتم تحت ضغط ثابت التغيرَ في المحتوى الحراري (ΔH).
- عندما يكون ΔH موجبًا يكون التفاعل ماصًّا للحرارة، أما عندما يكون ΔH سالبًا فيكون التفاعل طاردًا للحرارة.

2-3 المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسة تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن مقدار الحرارة المنطلقة أو الممتصّة في التفاعلات الكيميائية.

المفردات

- المعادلة الكيميائية الحرارية
- حرارة الاحتراق
- حرارة التبخر المولارية
- حرارة الانصهار المولارية

الأفكار الرئيسة

- تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الطبيعية للمواد المتفاعلة والنواتج، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.
- حرارة التبخر المولارية ΔH_{vap} هي كمية الطاقة اللازمة لتبخر مول واحد من السائل.
- حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus} هي كمية الحرارة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة.

2-4 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسة يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

المفردات

- قانون هس
- حرارة التكوين القياسية

الأفكار الرئيسة

- يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر مع تغيرات المحتوى الحراري لها.
- حرارة التكوين القياسية للمركبات تحدد مقارنة بحرارة التكوين لعناصرها في حالاتها القياسية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2-1

إتقان المفاهيم

44. قارن بين درجة الحرارة والحرارة.

45. كيف تتغير طاقة الوضع الكيميائية لنظام خلال تفاعل ماصّ للحرارة؟

46. صف تطبيقات عملية تبين فيها كيف تتغير طاقة الوضع إلى طاقة حركية؟

47. السيارات كيف تتحول الطاقة في الجازولين؟ وما الطاقة الناتجة عن احتراقه في محرك السيارة؟

48. التغذية قارن بين السُّعر الغذائي والسُّعر. ما العلاقة بين السُّعر الغذائي والكيلو سعر؟

49. ما الكمية التي تقاس بوحدة $J/g.^{\circ}C$؟

50. صف ما يمكن أن يحدث في **الشكل 16-2** عندما يكون الهواء فوق سطح البحيرة أبرد من الماء.

الشكل 16-2

51. الحرارة النوعية للإيثانول هي $2.44\ J/g.^{\circ}C$. ماذا يعني ذلك؟

52. اشرح كيف تحدد كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة شيء ما؟

إتقان حل المسائل

53. التغذية يحتوي أحد أصناف الطعام على 124 Cal. كم cal يوجد في هذا الصنف من الطعام؟

54. كم جولاً J من الطاقة يتم امتصاصه في عملية يمتص خلالها 0.5720 Kcal من الطاقة؟

55. المواصلات يستعمل الإيثانول بوصفه مادة مضافة إلى البنزين. ينتج عن احتراق 1 mol من الإيثانول 1367 kJ من الطاقة. ما مقدار هذه الطاقة بـ Cal؟

56. لتبخير 2.00 g من الأمونيا يلزم 656 Cal من الطاقة. كم kJ تلزم لتبخير الكتلة نفسها من الأمونيا؟

57. احتراق 1mol من الإيثانول يطلق 326.7 Cal من الطاقة. ما مقدار هذه الكمية بـ kJ؟

58. التعدين برغي كتلته 25 g مصنوع من سبيكة امتصت 250 J من الحرارة فتغيرت درجة حرارتها من 25 °C إلى 78 °C. ما الحرارة النوعية للسبيكة؟

2-2

إتقان المفاهيم

59. لماذا يستخدم كوب البوليسترين مسعراً بدلاً من الكأس الزجاجية؟

الشكل 17-2

60. هل التفاعل المبين في **الشكل 17-2** ماصّ أم طارد للحرارة؟ كيف عرفت ذلك؟

61. أعط مثالين على أنظمة كيميائية وعرّف مفهوم الكون في هذين المثالين.

62. متى تكون كمية الحرارة (q) الناتجة أو الممتصة في تفاعل كيميائي مساوية للتغير في المحتوى الحراري ΔH؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

63. إذا كانت قيمــة التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل سالبة. فبم يوحي لك ذلك عن الطاقة الكامنة الكيميائية للنظام قبل التفاعل وبعده؟

64. ما إشــارة ΔH لتفاعل طارد للحــرارة، ولتفاعل ماصّ للحرارة؟

إتقان حل المسائل

65. كم جولاً(J) من الحرارة تفقدها 3580 Kg من الجرانيت عندما تبرد درجــة حرارتها من 41.2°C إلى 12.9°C– ؟ (الحرارة النوعية للجرانيت هي 0.803 J /g.°C).

66. حوض الســباحةُ ملئ حوض سباحة 20 m× 12.5 m بالمــاء إلى عمــق 3.75 m . إذا كانت درجــة حرارة ماء الحوض الابتدائيــة 18.4 0°C، فما كمية الحرارة اللازمة لرفــع درجــة حرارتــه إلى 29.0°C؟ كثافــة الماء هي 1.000 g /mL.

67. ما كمية الحرارة التي تمتصها قطعة رصاص كتلتها 44.7 g إذا زادت درجة حرارتها بمقدار 65.4°C؟

68. إعــداد الطعام وضــع 10.2 g مــن زيــت الكانولا في مقلاة، ولــزم 3.34 kJ لرفع درجة حرارته من 25°C إلى 196.4°C. ما الحرارة النوعية لزيت الكانولا؟

69. الســبائك إذا وضعت ســبيكة كتلتها 58.8 g في 125 g من الماء البارد في مســعر، فنقصت درجة حرارة السبيكة بمقــدار 106.1°C، بينــما ارتفعت درجة حــرارة الماء 10.5°C، فما الحرارة النوعية للسبيكة؟

2-3

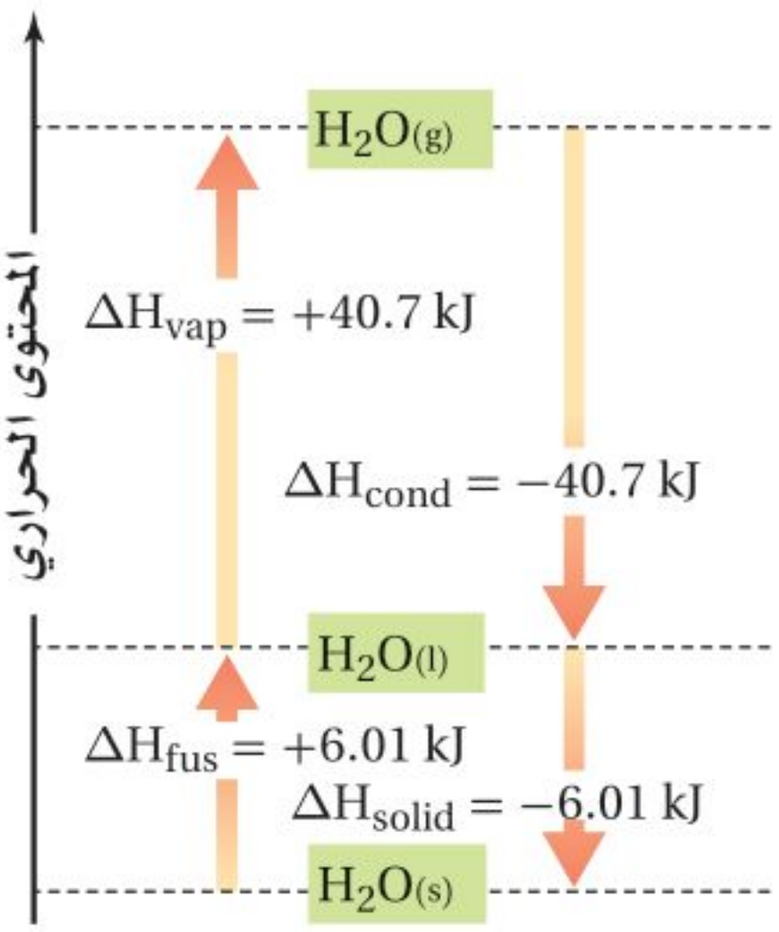
إتقان المفاهيم

70. حــرارة الانصهــار المولاريــة للميثانــول CH_3OH هي 3.22 kJ /mol. ماذا يعني ذلك؟

71. اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الميثان CH_4.

إتقان حل المسائل

72. اســتعن بالمعلومات الواردة في **الشــكل 18–2** لحساب كمية الحــرارة اللازمة لتبخــر 4.33 mol من الماء عند درجة حرارة 100°C.



الشكل 18–2

73. شــوّاية ما كتلة البروبــان C_3H_8 التي يجــب حرقها في شــوّاية لكي تطلق 4560 kJ من الحرارة؟ إذا علمت أنّ ΔH_{comb} للبروبان 2219 kJ /mol– .

74. التدفئة باســتعمال الفحم ما كمية الحرارة التي تنطلق عند احتراق 5.0 Kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون فيه 96.2% والمواد الأخرى التــي يحتــويها الفحم لا تتـفاعل؟

(ΔH_{comb} للكربون يساوي 394 kJ /mol–) .

75. ما كمية الحرارة المنطلقة من تكثف 1255 g بخار ماء إلى ماء سائل عند درجة حرارة 100 °C؟

76. إذا أُطلقت عينــة من الأمونيا NH_3 5.66 kJ من الحرارة عندما تصلبت عند درجة انصهارها.. فما كتلة العينة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

2-4

إتقان المفاهيم

77. مالذي تصفه حرارة التكوين القياسية لمركب معين؟

78. كيف تتغير ΔH في معادلة كيميائية حرارية إذا تضاعفت كميات المواد جميعها ثلاث مرات وعكست المعادلة؟

إتقان حل المسائل

79. استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} للتفاعل الآتي:

$$P_4O_{6(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow P_4O_{10(s)}$$

80. استعمل قانون هس والمعادلتين الكيميائيتين الحراريتين الآتيتين لإيجاد المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل $C(s, \text{ألماس}) \rightarrow C(s, \text{جرافيت})$. ما مقدار ΔH للتفاعل؟

a. $C(s, \text{جرافيت}) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -394\ kJ$

b. $C(s, \text{ألماس}) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -396\ kJ$

مراجعة عامة

81. إذا أردت أن تحفظ الشاي ساخنًا فإنك تضعه في ترمس. وضِّح لماذا قد تغسل الترمس بالماء الساخن قبل حفظ الشاي الساخن فيه؟

82. فرّق بين حرارة تكوين $H_2O_{(l)}$ و $H_2O_{(g)}$. لماذا من الضروري تحديد الحالة الفيزيائية للماء في المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \text{ أو } {}_{(g)} \quad \Delta H = ?$$

83. استعمل قانون هس والتغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلين الآتيين لحساب ΔH للتفاعل:

$$2A + B_2C_3 \rightarrow 2B + A_2C_3$$

$$2A + \frac{3}{2}C_2 \rightarrow A_2C_3 \qquad \Delta H = -1874\ kJ$$

$$2B + \frac{3}{2}C_2 \rightarrow B_2C_3 \qquad \Delta H = -285\ kJ$$

التفكير الناقد

84. طبّق يعد ثالث كلوريد الفوسفور مادة أولية في تحضير مركبات الفوسفور العضوية. بين كيف يمكن استعمال المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b لتحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

$$PCl_{3(l)} + Cl_{2(g)} \rightarrow PCl_{5(s)}$$

a. $P_{4(s)} + 6Cl_{2(g)} \rightarrow 4PCl_{3(l)} \quad \Delta H = -1280\ kJ$

b. $P_{4(s)} + 10Cl_{2(g)} \rightarrow 4PCl_{5(s)} \quad \Delta H = -1774\ kJ$

85. توقع أي المركبين: غاز الميثان CH_4، وبخار الميثانال CH_2O، له حرارة احتراق أكبر؟ وضح إجابتك. (ملاحظة: اكتب وقارن المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين لتفاعلي الاحتراق لكل منهما).

مسألة تحفيز

86. حللت عينة من الغاز الطبيعي فوجد أنها تتكون من 88.4% ميثان CH_4 و 11.6% إيثان C_2H_6. فإذا كانت حرارة الاحتراق القياسية للميثان هي 891 kJ / mol−، وينتج عن احتراقه غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وماء سائل H_2O، فاكتب معادلة احتراق غاز الإيثان مكونًا ثاني أكسيد الكربون والماء، ثم احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستعملاً حرارة التكوين القياسية. استعمل النتيجة وحرارة الاحتراق القياسية للميثان من **الجدول 3-2**، في حساب الطاقة المنطلقة عن احتراق 1 kg من الغاز الطبيعي.

مراجعة تراكمية

87. ما التركيز المولاري لمحلول تم تحضيره بإذابة 25.0 g من ثيوسيانات الصوديوم (NaSCN) في كمية كافية من الماء لعمل 500 mL من المحلول؟

88. عدد ثلاث خصائص جامعة للمحاليل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

89. الوقـود البديـل ابحث من خلال المصادر وشـبكة الإنترنت كيف يمكـن إنتـاج الهيدروجين وشـحنه واسـتعماله وقودًا للسيارات؟ لخص فوائد وعوائق اسـتعمال الهيدروجين وقودًا بديلاً في محركات الاحتراق الداخلي.

أسئلة المستندات

زيـت الطبخ قامت مجموعة بحث جامعيـة بحرق أربعة أنواع من زيوت الطبخ في مسـعر لتحديد ما إذا كان هنـاك علاقة بين حرارة الاحتراق وعـدد الروابط الثنائية في جـزيء الزيت. تحتوي زيوت الطبخ على سلاسـل طويلة من ذرات الكربـون التي ترتبط بروابط مفـردة أو ثنائية. السلسـلة التي لا تحتوي على روابط ثنائية تسـمى المشـبعة. والزيوت التي تحتوي على رابطة ثنائية أو أكثر تسـمى غير مشبعة. حـرارة الاحتراق للزيـوت الأربعـة مـوجودة في **الجدول 6-2** .حسب الباحثون نسـبة انحراف النتائج فوجدوا أنها 0.6%، واستنتجوا أنه لا يمكن تحري أي علاقة بين التشبع وحرارة الاحتراق بالطريقة المختبرية المستعملة.

الجدول 6-2 نتائج حرق الزيوت

نوع الزيت	ΔH_{comb} kJ/g
زيت الصويا	40.81
زيت الكانولا	41.45
زيت الزيتون	39.31
زيت الزيتون البكر الممتاز	40.98

90. أي الزيوت أعطى أكبر كمية مـن الحرارة لكل وحدة كتلة عند احتراقه؟

91. ما مقدار الحرارة التي قد تنطلق عند حرق 0.554 kg من زيت الزيتون؟

92. افترض أنه عند حرق 12.2 g من زيت الصويا استعملت الطاقة الناتجة جميعها في تسخين 1.600 kg من الماء الذي درجة حرارته الأولية 20.0 °C، فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الحـــرارة النوعية للإيثانـــول $2.44\ J/g.^\circ C$. ما الطاقة (KJ) اللازمة لتســـخين 50 g مـــن الإيثانول من درجة حرارة $20.0\ ^\circ C$ إلى $68.0\ ^\circ C$؟

a. 10.7 KJ

b. 8.30 KJ

c. 2.44 KJ

d. 5.86 KJ

2. إذا سُـــخِّنت رقاقـــة ألومنيوم كتلتهـــا 3.00 g في فرن، فارتفعت درجة حرارتها من $20.0\ ^\circ C$ إلى $662.0\ ^\circ C$، وامتصـــت 1728 J من الحـــرارة، فما الحـــرارة النوعية للألومنيوم؟

a. $0.131\ J/g.^\circ C$

b. $0.870\ J/g.^\circ C$

c. $0.897\ J/g.^\circ C$

d. $2.61\ J/g.^\circ C$

3. يســـمى التغير في المحتوى الحـــراري الذي يرافق تكون مول واحد من المركب في الظروف القياسية من عناصره في حالاتها القياسية:

a. حرارة الاحتراق

b. حرارة التبخّر المولارية

c. حرارة الانصهار المولارية

d. حرارة التكوين القياسية

4. تكون إشارة قيمة حرارة التفاعل الماص للحرارة:

a. موجبة أو سالبة

b. تعتمد على طاقة الروابط في المواد المتفاعلة

c. موجبة دائمًا

d. سالبة دائمًا

5. ادرس العبارات الآتية:

العبـــارة الأولى : تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالات الفيزيائية للمـــواد المتفاعلة والمواد الناتجة، كما تبين التغير في المحتوى الحراري.

العبارة الثانية: حرارة التبخر المولارية هي كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة.

العبارة الثالثة: الحرارة التى يفقدها أو يكتســـبها النظام خلال تفاعـــل أو عملية تتم عند ضغط ثابت تســـمى التغير في المحتوى الحراري ΔH .

أي العبارات أعلاه صحيحة:

a. الأولى والثانية

b. الأولى والثالثة

c. الثانية والثالثة

d. الأولى والثانية والثالثة

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال الآتي:

6. ما الضغط المتوقع للغاز B عند 310 K؟

a. 500 kPa

b. 600 kPa

c. 700 kPa

d. 900 kPa

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

7. وضعت كمية من الماء درجة حرارته 25.60 °C في مسعر، ثم سخنت قطعة من الحديد كتلتها 50.0 حتى أصبحت درجة حرارتها 115.0 °C، ووضعت في الماء الموجود بالمسعر، وبعد التبادل الحراري بين الماء وقطعة الحديد أصبحت درجة الحرارة النهائية لمحتويات المسعر 29.30°C، وكانت كمية الحرارة التي امتصها الماء 1940 J. ما كتلة الماء؟

a. 50.0 g

b. 125 g

c. 3589609 g

d. 143.56 g

أسئلة الإجابات القصيرة

8. اكتب إشارة ΔH لكل من تغيرات الحالة الفيزيائية الآتية:

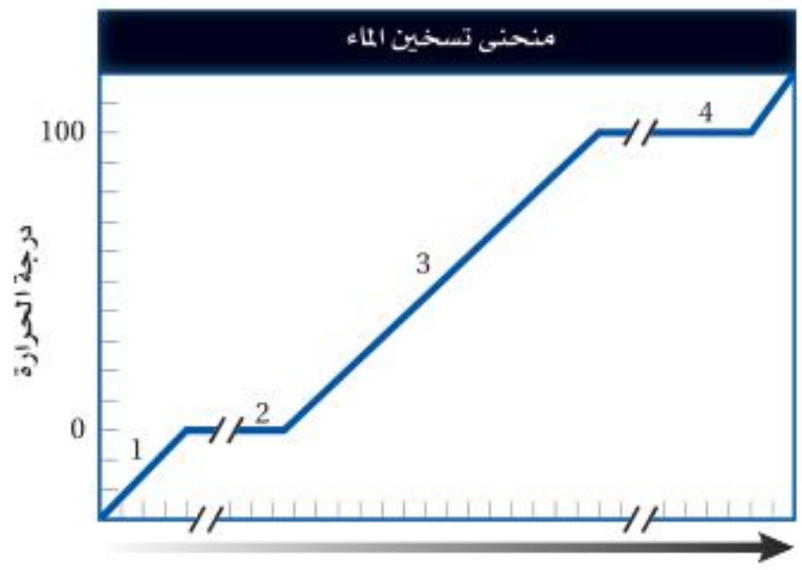
a. $C_2H_5OH_{(s)} \rightarrow C_2H_5OH_{(l)}$

b. $H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

c. $CH_3OH_{(l)} \rightarrow CH_3OH_{(g)}$

d. $NH_{3(l)} \rightarrow NH_{3(s)}$

9. زوّدت عينة من الماء بالحرارة بصورة ثابتة لإنتاج منحنى التسخين في **الشكل** أدناه. حدّد ماذا يحدث في المقاطع 1، 2، 3، 4 الموضحة على المنحنى؟



أسئلة الإجابات المفتوحة

10. يرش الماء على البرتقال في ليلة باردة. إذا كان متوسط ما يتجمّد من الماء على كل برتقالة 11.8 g فما كمية الحرارة المنطلقة؟

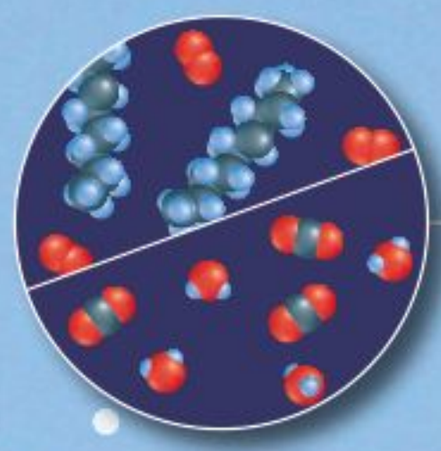
11. اشرح كيف يساعد التعرّق على تبريد جسمك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

سرعة التفاعلات الكيميائية

Reaction Rates



متفاعلات ونواتج الاحتراق

مكبس وأسطوانة

محرك

الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكـــن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

3-1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة نظريــة التصادم هــي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

3-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومســاحة السطح، والمحفزات.

3-3 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة قانون سرعــة التفاعل عبارة عــن علاقة رياضية -يمكــن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

حقائق كيميائية

- ما زالت معظم السيارات حتى اليوم تستعمل نظام الاحتراق الداخلي الذي اخترعه العالم ألفونس بيير دي روشاز عام 1862م.
- تتحد مكونات الجازولين مع الأكسجين في عملية الاحتراق التام داخل أسطوانة محرك الســيارة لتنتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وطاقة كافية لتحريك السيارة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف يمكن زيادة سرعة التفاعل؟

تحدث بعض التفاعلات الكيميائية ببطء شديد، بحيث يصعب ملاحظتها. وستقوم في هذه التجربة بتقصيّ طريقة واحدة لتسريع تفاعل بطيء.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجيل المشاهدات والملاحظات قبل وبعد التجربة.
3. اسكب 10 mL تقريبًا من **فوق أكسيد الهيدروجين** في **كأس زجاجي**. ثم سجّل ملاحظاتك الأولية في جدول الملاحظات والمشاهدات.

تحذير: فوق أكسيد الهيدروجين مادة حارقة، لذا تجنب ملامستها للجلد والعيون.

4. أضف 0.1 g من **خميرة الخبز** إلى فوق أكسيد الهيدروجين، حرك بلطف مستعملاً **عود تنظيف الأسنان**، ولاحظ المخلوط مرة أخرى، وسجل ملاحظاتك في جدول الملاحظات.

التحليل

1. **حدد** المواد الناتجة عن تحلل فوق أكسيد الهيدروجين.
2. **فسر** لماذا ظهرت الفقاعات في الخطوة رقم 4، ولم تظهر في الخطوة رقم 3؟

استقصاء ماذا يحدث إذا قمت بإضافة كمية أكبر أو أقل من الخميرة؟ وماذا يحدث لو لم يتم مزج المخلوط؟ صمم تجربة لاختبار أحد هذه المتغيرات.

المطويات
منظمات الأفكار

سرعة التفاعل اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.

الخطوة 1 ضع ثلاث أوراق بعضها فوق بعض، بحيث تبعد حافة كل منها عن الأخرى 2 cm تقريبًا من أعلى. حافظ على بقاء الحواف عن اليمين واليسار متطابقة.

الخطوة 2 اطوِ الحواف السفلية للورقَ إلى أعلى لتكوين ستة أجزاء متساوية، ثم اضغط على الحواف لتثبيتها في أماكنها.

الخطوة 3 ثبّت الطيات، كما في **الشكل**، واكتب عنوانًا لكل جزء على النحو الآتي: المحفزات والمثبطات، درجة الحرارة، مساحة السطح، التركيز، طبيعة المواد المتفاعلة، العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–3** من هذا الفصل. قم بتعريف كل عامل في أثناء قراءتك للفصل، واكتب ملخصًا حول تأثيره في سرعة التفاعل، ثم أعط أمثلة عليها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–1

الأهداف

- **تحسب** متوسط سرعة التفاعل الكيميائي من بيانات التجربة.
- **تربط** بين سرعة التفاعل الكيميائي والتصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة.

مراجعة المفردات

الطاقة: القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة. وتكون الطاقة في صورة طاقة وضع أوطاقة حركة.

المفردات الجديدة

سرعة التفاعل الكيميائي

نظرية التصادم

المعقد المُنشط

طاقة التنشيط

نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي

Collision Theory and Reaction Rate

الفكرة الرئيسة **نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.**

الربط مع الحياة أيهما أسرع: الذهاب إلى المدرسة سيرًا على الأقدام، أم ركوب الحافلة، أم السيارة؟ إن تحديد سرعة وصول شخص إلى المدرسة لا يختلف كثيرًا عن حساب سرعة التفاعل الكيميائي؛ ففي الحالتين نقوم بقياس التغير الناتج خلال الزمن.

التعبير عن سرعة التفاعل Expressing Reaction Rates

اكتشفت في التجربة الاستهلالية أن تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين يمكن أن يكون تفاعلاً سريعًا أو بطيئًا. فالمصطلحان (سريع و بطيء) مصطلحان غير دقيقين؛ إذ يجب أن يكون تعبيرنا أكثر دقة وتحديدًا.

فكّر في كيفية التعبير عن سرعة أو متوسط سرعة الأشياء المتحركة. فمثلاً، يبين عداد السرعة في **الشكل 1–3** أن سيارة السباق تتحرك بسرعة مقدارها 100 Km /h، بينما يمكن التعبير عن سرعة العدّاء في مضمار السباق بوحدة m /s. وعمومًا يعرف متوسط السرعة لحدث ما أو عملية محددة بالتغير الكمي خلال زمن محدد. ولاشتقاق العلاقة الرياضية نستعمل الرمز دلتا (Δ) قبل الكمية (quantity) لتشير إلى التغير في هذه الكمية كما في المعادلة الآتية:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\Delta_{\text{quantity}}}{\Delta_t}$$

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة أوالناتجة}}{\text{التغير في الزمن } \Delta t}$$

الشكل 1–3 يبين عداد السرعة في سيارة السباق السرعة بوحدة Km/h أو ميل لكل ساعة (M/h)، وكلاهما يعني التغير في المسافة في وحدة الزمن. وقد تقاس سرعة العداء بوحدة m/s.

الشكل 2-3 تتحول المواد المتفاعلة مع مرور الزمن إلى مواد ناتجة. ويمكن التعبير عن سرعة التفاعل الكيميائي بالتغير في عدد مولات المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال فترة محددة من الزمن.

احسب سرعة التغير لكل فترة من الزمن.

يبين **الشكل 2-3** عملية تحوّل المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المواد المتفاعلة تقل بينما تزداد المواد الناتجة. فإذا علمت متوسط التغير في كميات النواتج أو المتفاعلات مع مرور الزمن أمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل. وفي الغالب يحتاج الكيميائيون إلى معرفة التغير في التركيز المولاري M لمادة متفاعلة أو ناتجة خلال التفاعل. ولذلك جاء تعريف **سرعة التفاعل الكيميائي** ليعبر عن التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن، ويعبر عنها بوحدة mol /L.s. وتشير الأقواس التي تكون حول الصيغة الجزيئية للمواد إلى التركيز المولاري. فمثلاً $[NO_2]$ تمثل التركيز المولاري لـ NO_2.

يمكن تحديد سرعة التفاعل الكيميائي بشكل عملي عن طريق حساب تركيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة عن التفاعل الكيميائي، بينما لا يمكن حساب سرعة التفاعل من المعادلات الموزونة.

لنفترض أنك ترغب في التعبير عن متوسط سرعة التفاعل الآتي خلال فترة زمنية بدأت عند t_1 وانتهت عند t_2.

$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

من خلال التفاعل السابق تكُون قيمة سرعة تكوُّن المواد الناتجة موجبة. ويمكن التعبير عن حساب سرعة تكوُّن NO كما يأتي:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = \frac{[NO]_{t_2} - [NO]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

ولنفترض على سبيل المثال أن تركيز NO هو 0.000 M عندما كان $t_1 = 0.0$ s، وقد أصبح تركيزه 0.010 M بعد ثانيتين من بداية التفاعل، فما متوسط سرعة التفاعل بوحدة عدد مولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية؟

$$\text{Rate} = \frac{0.010\ \text{M} - 0.000\ \text{M}}{2.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$
$$= \frac{0.010\ \text{M}}{2.00\ \text{s}} = 0.0050\ \text{mol/L·s}$$

لاحظ كيفية اشتقاق الوحدة:

$$\frac{\text{M}}{\text{S}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \frac{1}{\text{S}} = \frac{\text{mol}}{\text{L.S}}$$

المفردات

المفردات الأكاديمية

التركيز Concentration

الاستعمال العلمي: كمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول. ونقول مثلاً: *إن تركيز المحلول هو 6 mol /L.*

الاستعمال الشائع: تركيز الانتباه على هدف أو غرض واحد.

فنقول مثلاً: *اقتصر تركيز الجمهور على الأداء فقط.*

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كما يمكنك تحديد سرعة التفاعل بمعرفة متوسط استهلاك غاز CO، كما في العلاقة الآتية:

$$\text{Rate} = \frac{\Delta[CO]}{\Delta t} = \frac{[CO]_{t_2} - [CO]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

هل تتوقع أن تكون قيمة سرعة التفاعل السابق سالبة أم موجبة؟ في هذه الحالة تكون القيمة سالبة، مما يعني أن تركيز CO يقل مع استمرار التفاعل. ولكن يجب أن تكون سرعة التفاعل دائمًا موجبة. لذلك يضع العلماء إشارة سالبة عندما يقومون بحساب سرعة التفاعل بناءً على مقدار استهلاك المواد المتفاعلة. وبذلك تكون معادلة حساب سرعة استهلاك المواد المتفاعلة هي:

معادلة متوسط سرعة التفاعل

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta[\textbf{reactants}]}{\Delta t}$$

حيث تمثل Δ [reactants] التغير في تركيز المواد المتفاعلة.

Δt تمثل التغير في الزمن $t_2 - t_1$

مثال 1-3

حساب متوسط سرعة التفاعل إذا علمت أن تركيز كلوريد البيوتيل C_4H_9Cl في بداية تفاعله مع الماء 0.22 M ثم أصبح 0.100 M بعد مرور 4.00 ثوانٍ على التفاعل. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol /L.s.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيز والزمن الابتدائيين والنهائيين لـ C_4H_9Cl، لذا يمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي باستعمال التغير في تركيز كلوريد البيوتان خلال أربع ثوان.

المعطيات

$t_1 = 0.00$ s

$t_2 = 4.00$ s

$[C_4H_9Cl]_{t_1} = 0.220$ mol /L

$[C_4H_9Cl]_{t_2} = 0.100$ mol /L

المطلوب

Rate = ?mol/L.s

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة متوسط سرعة التفاعل

$$\text{Rate} = -\frac{[C_4H_9Cl]_{t_2} - [C_4H_9Cl]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

عوض عن الزمن والتركيز الابتدائيين والنهائيين

$$= -\frac{0.100\text{ M} - 0.220\text{ M}}{4.00\text{ s} - 0.00\text{ s}}$$

$$= -\frac{0.100\text{ mol/L} - 0.220\text{ mol/L}}{4.00\text{ s} - 0.00\text{ s}}$$

احسب الناتج بوحدة mol/ L.s

$$= -\frac{-0.120\text{ mol/L}}{4.00\text{ s}} = 0.0300\text{ mol/L.s}$$

3 تقويم الإجابة

متوسط سرعة التفاعل 0.0300 mol /L.s ، وهو قيمة مناسبة اعتمادًا على الكمية الموجودة في بداية التفاعل ونهايته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

استعمل البيانات الموجودة في الجدول أدناه لحساب متوسط سرعة التفاعل :

بيانات التجربة للتفاعل $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$			
الزمن s	$[H_2]$	$[Cl_2]$	$[HCl]$
0.00	0.030	0.050	0.000
4.00	0.020	0.040	

1. احسب متوسط سرعة التفاعل معبرًا عنه بعدد مولات H_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبرًا عنه بعدد مولات Cl_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
3. **تحفيز** إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl الناتج هو 0.050 mol /L.s، فما تركيز HCl الذي يتكون بعد مرور 4.00 s؟

نظرية التصادم Collision Theory

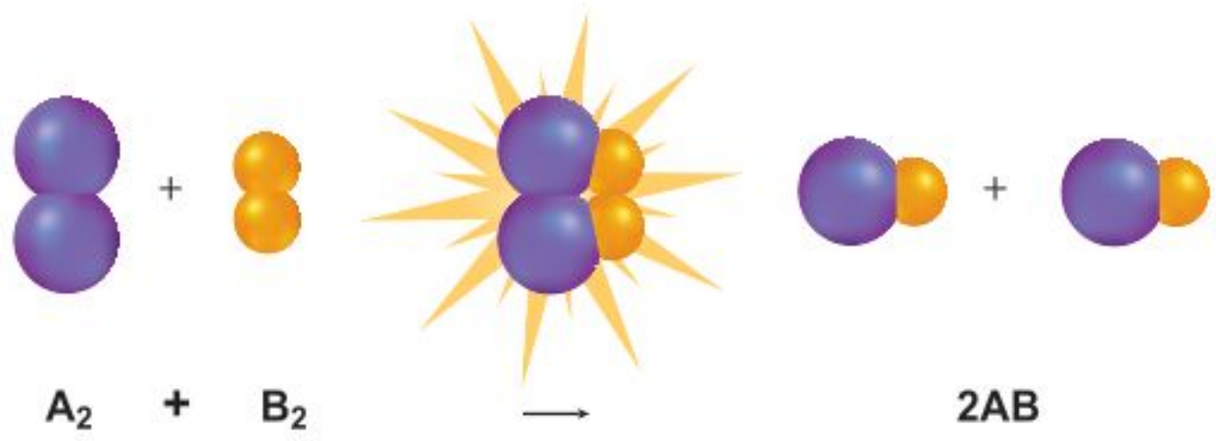
في التفاعل الكيميائي؛ يجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لتكوين النواتج. يمثل **الشكل 3-3** التفاعل بين جزيئات A_2 و B_2 لتكوين مركب AB . ويجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة معًا لتكوين جزيئات AB. لذا يوضح هذا الشكل **نظرية التصادم** التي تنص على وجوب تصادم الذرات والأيونات والجزيئات بعضها ببعض لكي يتم التفاعل.

ماذا قرأت؟ توقع لماذا يجب حدوث اصطدامات بين الجسيمات لحدوث التفاعل.

لاحظ تفاعل غاز أول أكسيد الكربون CO مع غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 الذي يحدث عند درجة حرارة أعلى من 500 K والموضح بالمعادلة:

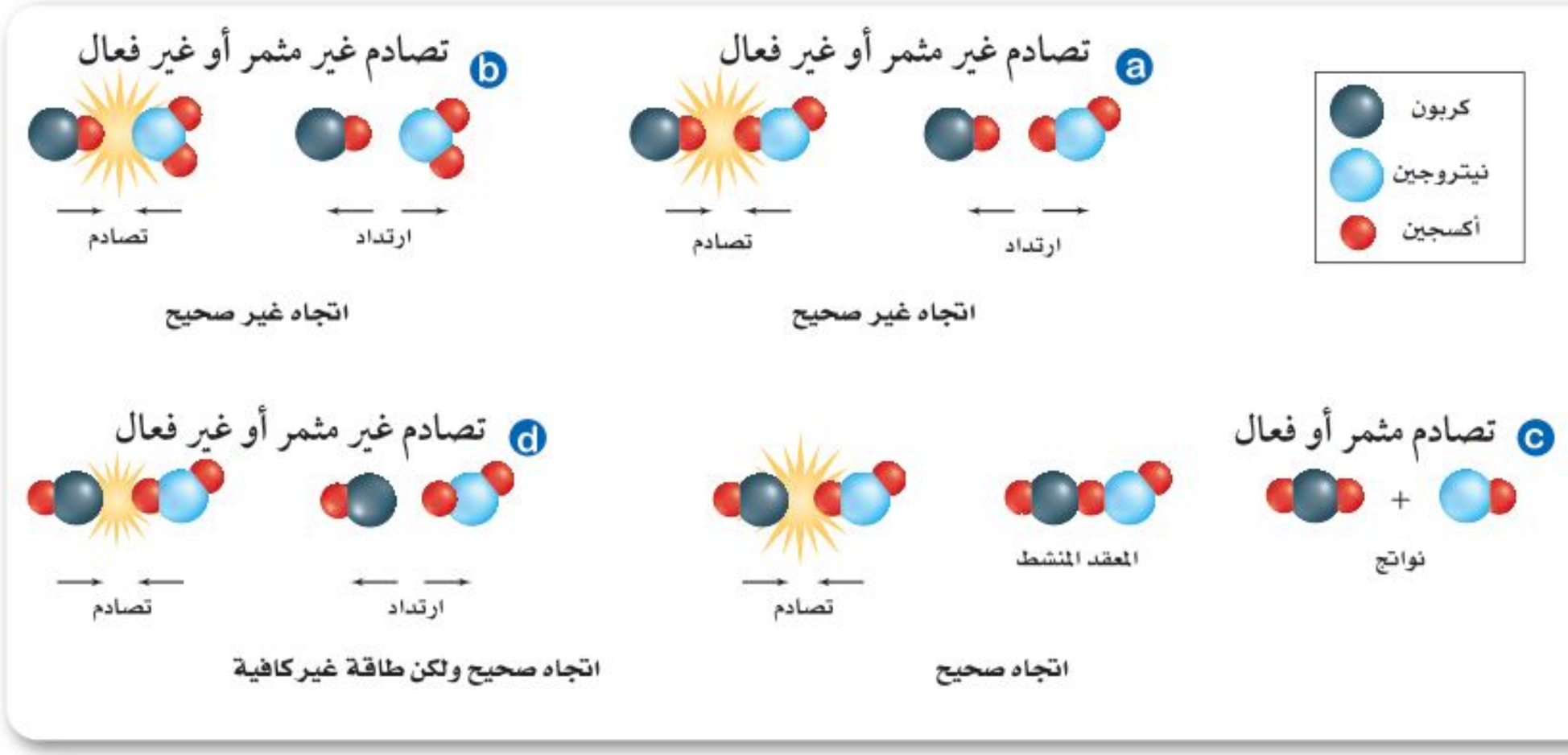
$$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز أول أكسيد النيتروجين. وعند حساب عدد الاصطدامات بين الجزيئات في كل ثانية تكون النتيجة محيّرة؛ إذ يكوِّن عدد قليل فقط من هذه الاصطدامات نواتج.



الشكل 3-3 في التفاعلات الكيميائية يجب أن تتصادم الجسيمات بكمية كافية من الطاقة لكي يحدث تفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 4 - 3 يبين الشكل أربعة احتمالات مختلفة لاتجاهات التصادم بين جزيئات CO و NO_2. لا تؤدي الاصطدامات في كل من الحالتين a و b إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات لا تستطيع تكوين روابط. أما تصادم الجزيئات في الحالة c فهو في اتجاه مناسب لحدوث التفاعل. وعلى الرغم من أن تصادم الجزيئات في d في الاتجاه المناسب، إلا أن طاقتها غير كافية لحدوث تفاعل.

اتجاه التصادم وتكوين المعقد المنشط لماذا تفشل معظم الاصطدامات في تكوين نواتج؟ ما العوامل الأخرى التي يجب أخذها في الحسبان؟

يوضّح **الشكلان 3-4a، 3-4b** الإجابة المحتملة عن هذا السؤال؛ فلكيْ يؤدي الاصطدام إلى حدوث تفاعل يجب أن ترتبط ذرة الكربون من جزيء CO مع ذرة أكسجين من جزيء NO_2 في لحظة الاصطدام، وهذه هي الطريقة الوحيدة لتتكون رابطة مؤقتة. أما الاصطدامات الموضّحة في **الشكلين 3-4b** و **3-4a** فلا تؤدي إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات تتصادم بشكل غير مناسب؛ حيث لا تلامس ذرة الكربون ذرة الأكسجين في لحظة التصادم، فترتد الجزيئات دون تكوين روابط.

ولكن عندما يكون اتجاه الجزيئات مناسبًا في أثناء التصادم، كما في **الشكل 3-4 C**، يحدث التفاعل، وتنتقل ذرة أكسجين من جزيء NO_2 إلى جزيء CO. وعندما يحدث ذلك تتكون جسيمات عمرها قصير تسمى **المعقد المنشط** Activated Complex، وتسمى هذه المرحلة الحالة الانتقالية، وهي حالة غير مستقرة من تجمع الذرات، يحدث خلالها تكسير الروابط وتكوين روابط جديدة. ونتيجة لذلك قد يؤدي المعقد المنشط إلى تكوين المواد الناتجة، أو يتكسر لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى.

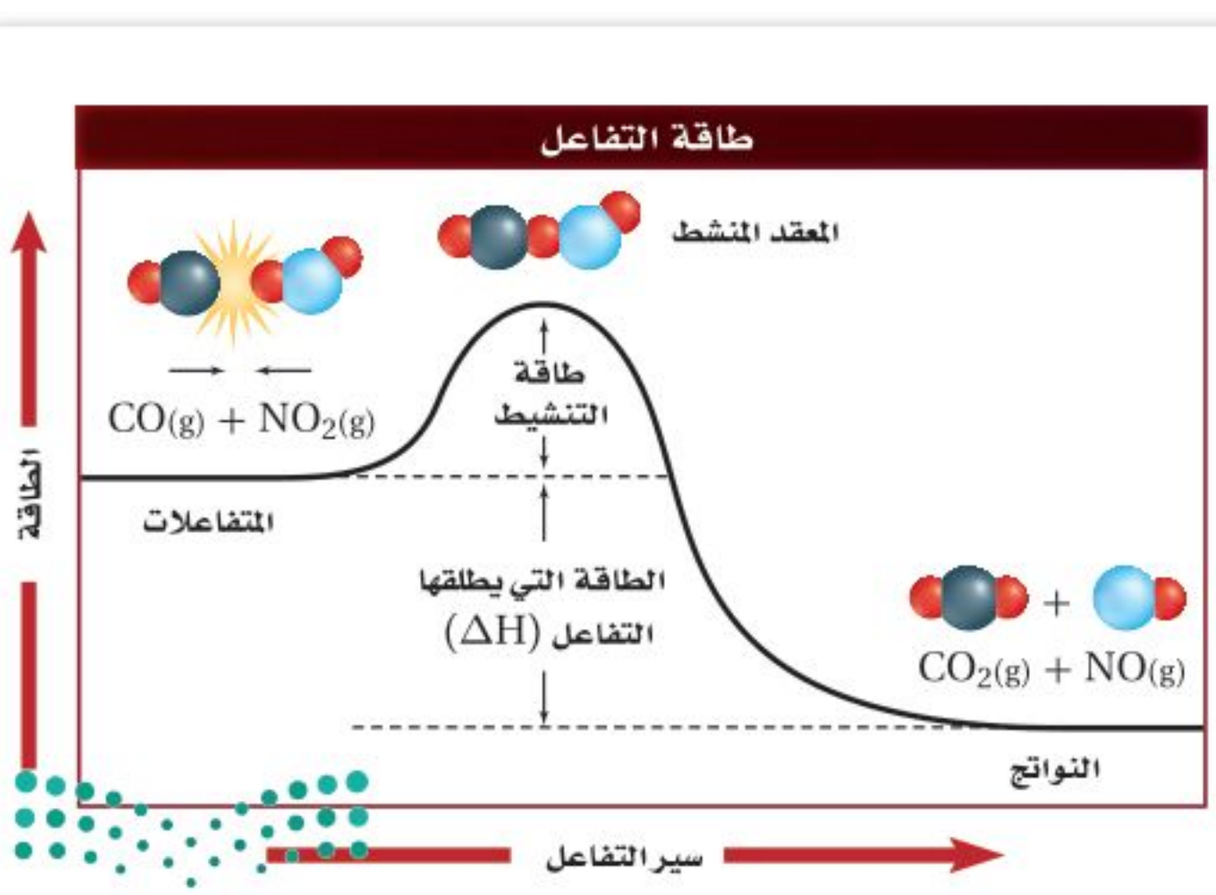
طاقة التنشيط وسرعة التفاعل لا يؤدي التصادم في **الشكل 3-4d** إلى تفاعل لعدم توافر طاقة كافية لحدوث التفاعل، لذلك لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO_2 ما لم تتصادم بقوة كافية. ويسمى الحد الأدنى من الطاقة لدى الجزيئات المتفاعلة واللازم لتكوين المعقد المنشط وإحداث التفاعل **طاقة التنشيط** Activation energy (E_a).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 3-1 فروض نظرية التصادم	شروط التصادم الفعال أو المثمر
1. يجب أن تتصادم (ذرات أو أيونات أو جزيئات) المواد المتفاعلة.	1. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح.
2. ليس من الضروري أن يؤدي كل تصادم بين الـذرات أو الأيونات أو الجزيئات إلى حدوث تفاعل.	2. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة بطاقة كافية لتكوين المعقد المنشط.

يلخص **الجدول 1-3** الظروف الواجب توافرها لحدوث التفاعل. فعندما تكون قيمة E_a عالية فهذا يعني أن عددًا قليلاً من الاصطدامات له طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط، ولذا تكون سرعة التفاعل بطيئة. أما إذا كانت قيمة E_a منخفضة فهـذا يعني أن هناك عددًا كبيرًا من الاصطدامـات التي لها طاقة كافية لحدوث التفاعل، لذا يكون التفاعل أسرع. فكّر في هذه العلاقة من خلال شخص يقوم بدفع عربة ثقيلة إلى قمة تل. فإذا كان التل مرتفعًا فسـوف يحتاج الشـخص إلى طاقة كبيرة لدفع العربة نحو القمة، كما أنه سيسـتغرق وقتًا طويلاً للوصول إلى قمة التل. أما إذا كان التل منخفضًا فسوف يحتاج إلى كمية أقل من الطاقة اللازمة لدفع العربة إلى قمة التل، إضافة إلى قدرته على إنجاز المهمّة في وقت أسرع.

يبين **الشـكل 5-3** مخطط الطاقة لتفاعل أول أكسـيد الكربون مع ثاني أكسيد النيتروجـين. هل يختلف مخطـط الطاقة هذا عما تعلمته سـابقًا في فصل الطاقة والتغيرات الكيميائية؟ ولماذا؟ يبين هذا المخطط طاقة التنشيط للتفاعل التي تعد حاجزًا أمام حدوث التفاعل. لذلك يجب أن تتغلب المواد المتفاعلة عليه لتكوّن مواد ناتجة. وفي هذه الحالة تتصادم جزيئات CO و NO_2 ، مع وجود كمية كافية من الطاقة؛ لتتغلب على هذا الحاجـز، وتكون طاقة النواتج أقل من طاقة المواد المتفاعلة. وتسمى التفاعلات التي تفقد طاقةً التفاعلاتِ الطاردةَ للحرارة.

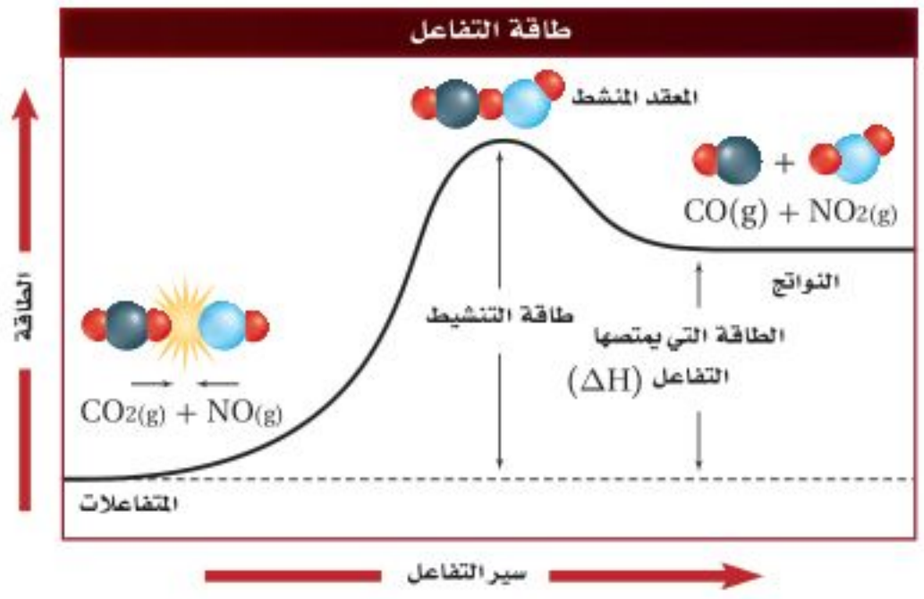


الشـكل 5-3 عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة تصطدم الجزيئات التي لها طاقة كافية فتكون المعقد المنشط وتطلق طاقة، وتكوّن نواتج ذات محتوى طاقة أقل من المواد المتفاعلة.

اختبار الرسم البياني

فسر كيف يمكنك أن تعرف من خلال الرسـم ما إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 6-3 تكون طاقة جزيئات المواد المتفاعلة في التفاعل العكسي الماصّ للحرارة أقل من طاقة النواتج. ولكي يحدث التفاعل يجب أن تمتص المواد المتفاعلة طاقة لتتغلب على طاقة التنشيط وتكون نواتج ذات طاقة عالية.

اختبار الرسم البياني

قارن بين طاقتي التنشيط، للتفاعلين الأمامي والعكسي؟

تعد عملية التحول بين المواد المتفاعلة والناتجة لبعض التفاعلات عمليات انعكاسية. ويبين **الشكل 6-3** التفاعل العكسي الماصّ للطاقة بين CO_2 و NO لإعادة إنتاج CO و NO_2. ويكون مستوى طاقة المتفاعلات في هذا التفاعل أدنى من مستوى طاقة النواتج. لذلك يجب التغلب على طاقة التنشيط لإعادة إنتاج CO و NO_2. وهذا يحتاج إلى طاقة عالية أكبر من طاقة التفاعل الأمامي. وإذا حدث هذا التفاعل العكسي وأنتج CO و NO_2 فسيكون مستوى طاقتها أعلى.

مختبر حل المشكلات

تفسير البيانات

كيف تتغير سرعة التحلل خلال الزمن؟ يتحلل مركب خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5 في الهواء وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2N_2O_{5(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

ويمكن تحديد التركيز في أي وقت من خلال معرفة سرعة التحلل.

التحليل

يبين الجدول المقابل النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها عند قياس تركيز N_2O_5 خلال فترة زمنية محددة، عند الضغط الجوي العادي، ودرجة حرارة $45\ ^\circ C$.

الزمن(min)	$[N_2O_5]$
0	0.01756
20.0	0.00933
40.0	0.00531
60.0	0.00295
80.0	0.00167
100.0	0.00094

التفكير الناقد

1. **احسب** متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية: (0– 20 min)، (40 – 60 min)، (80– 100 min). عبّر عن سرعة التفاعل في كل فترة بقيمة موجبة، وبوحدة mol /L.s من N_2O_5.
2. **أحسب** متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية بعدد مولات NO_2 الناتجة لكل لتر في الدقيقة (mol/L.s) واستعمل المعادلة الكيميائية لتفسير العلاقة بين السرعات المحسوبة في هذا السؤال، وتلك المحسوبة في السؤال 1.
3. **فسّر** البيانات والنتائج التي توصلت إليها، ثم استعملها في وصف كيفية تغير سرعة تحلل N_2O_5 خلال الزمن.
4. **طبّق** نظرية التصادم لتفسير سبب تَغير سرعة التفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 1-3

الخلاصة

- يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي بمعدل التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.
- غالبًا ما تحسب سرعة التفاعل الكيميائي معبرًا عنها بوحدة mol /L.s.
- لا بد من تصادم الجسيمات لحدوث التفاعل.

4. **الفكرة الرئيسة** **جد** العلاقة بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل.
5. **فسّر** علام تدل سرعة التفاعل لتفاعل كيميائي محدّد؟
6. **قارن** بين تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة خلال فترة التفاعل (على افتراض عدم إضافة أي مادة جديدة).
7. **فسر** لماذا يعتمد متوسط سرعة التفاعل على طول الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل؟
8. **صف** العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل الكيميائي.
9. **لخّص** ماذا يحدث خلال فترة تكون المعقد المنشط القصيرة؟
10. **طبق** نظرية التصادم لتفسر لماذا لا تؤدي الاصطدامات بين جسيمات التفاعل دائمًا إلى تفاعل؟
11. **احسب** متوسط سرعة التفاعل بين جزيئات A و B إذا تغير تركيز A من 1.00 M إلى 0.5 M خلال 2.00 s.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–2

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي
Factors Affecting Reaction Rates

الأهداف

- **تحدد** العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.
- **تفسر** دور العوامل المحفزة.

مراجعة المفردات

التركيز: طريقة كمية لقياس كمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول.

المفردات الجديدة

المحفزات

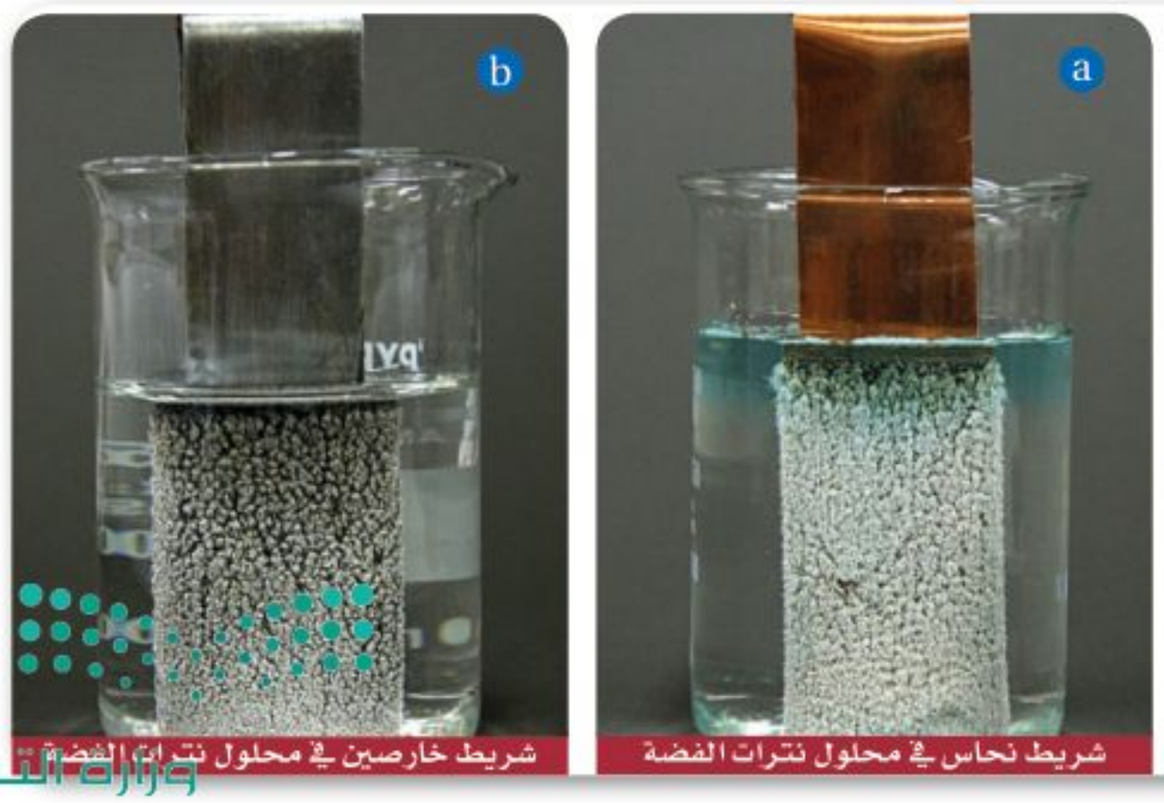
المثبطات

الفكرة الرئيسة **تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.**

الربط مع الحياة تُرى، ما سرعة انتشار النار في غابة إذا كانت أشجارها متباعدًا بعضها عن بعض أو كان الخشب رطبًا؟ وبشكل مماثل، تعتمد سرعة التفاعل الكيميائي على عدة عوامل، منها تركيز المواد المتفاعلة، وخواصها الفيزيائية.

طبيعة المواد المتفاعلة The Nature of Reactants

تتفاعل بعض المواد أسرع من غيرها. فمثلاً يتشابه فلزَّا النحاس والخارصين (الزنك) في خواصهما الفيزيائية؛ بسبب قرب موقعيهما في الجدول الدوري، ومع ذلك فهما يتفاعلان بسرعات مختلفة عند وضع كل منهما في كأس تحتوي على محلول نترات الفضة بالتركيز نفسه. فعند وضع شريط من النحاس في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M كما في **الشكل 3-7a**، يتفاعل النحاس مع نترات الفضة ليكوّن فلز الفضة ومحلول نترات النحاس II. وعند وضع شريط من الخارصين في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M ، كما في **الشكل 3-7b**، يتفاعل الخارصين مع محلول نترات الفضة ليكوّن فلز الفضة ومحلول نترات الخارصين. يمكنك ملاحظة التشابه في التفاعلين، ولكن عند مقارنة كمية الفضة المتكونة في كلتا الحالتين كما هو موضح في **الشكل 3-7**، يظهر أن كمية الفضة المتكونة من تفاعل الخارصين مع نترات الفضة أكبر من الكمية الناتجة عن تفاعل النحاس مع الكمية نفسها من نترات الفضة. كما أن تفاعل الخارصين مع نترات الفضة يحدث أسرع؛ لأن الخارصين أنشط كيميائيًّا من النحاس.



الشكل 3-7 الخارصين أنشط من النحاس، لذلك يتفاعل مع نترات الفضة أسرع من تفاعل النحاس.

اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل التفاعلات الظاهرة في الشكل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يبلغ تركيز الأكسجين في الهواء حول الشمعة 20% تقريبًا.

تحترق الشمعة بسرعة أكبر؛ لأن الوعاء يحتوي على أكسجين تركيزه 100% تقريبًا.

الشكل 8-3 تشير شدة إضاءة اللهب المغطى في الزجاجة التي تحتوي تركيزًا أكبر من الأكسجين إلى زيادة سرعة التفاعل. لذا يفسر الازدياد في سرعة التفاعل إلى الزيادة في تركيز الأكسجين.

التركيز Concentration

من الطرائق التي يستطيع الكيميائيون بها تغيير سرعة التفاعل تغيير تركيز المواد المتفاعلة. وكما تذكر فإن نظرية التصادم تنص على أنه يجب أن تتصادم الجسيمات حتى يحدث التفاعل، وكلما ازداد عدد الجسيمات ازداد عدد الاصطدامات. وهذا شبيه بلعبة السيارات الكهربائية في مدينة الألعاب الترفيهية. فعندما يكون عدد السيارات كبيرًا في الحلبة يزداد عدد الاصطدامات. والشيء نفسه صحيح في التفاعلات الكيميائية؛ فعندما تتفاعل المادة A مع المادة B بتركيز معين تصطدم جزيئات كل من A وB لتكوين AB بسرعة محددة. ولكن ماذا يحدث إذا ازداد تركيز B؟ تزداد تصادمات جزيئات A مع جزيئات B؛ وذلك لازدياد عدد جزيئات B. لذا يؤدي ازدياد عدد الاصطدامات إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي.

ماذا قرأت؟ توقع ماذا يحدث لسرعة التفاعل إذا زاد تركيز المادة A؟

تأمل التفاعلات الموضحة في **الشكل 8-3**، حيث تحترق الشمعتان. ولكن كيف يمكن مقارنة الشمعة في الصورة اليمنى بالشمعة في الصورة اليُسرى التي وُضعت داخل زجاجة تحتوي على 100% أكسجين تقريبًا، وهذا يشكل خمسة أضعاف تركيز الأكسجين في الهواء الجوي؟ بالاعتماد على نظرية التصادم، كلما زاد تركيز الأكسجين زاد عدد الاصطدامات بين جزيئات الشمع وجزيئات الأكسجين. ونتيجة لذلك تزداد سرعة التفاعل، وينتج لهب شديد الإضاءة.

مساحة السطح Surface Area

إذا تأملت التفاعل في **الشكل 9-3** فستلاحظ أن المسمار الساخن يتوهج عند وجود الأكسجين، كما في **الشكل 9a-3**، بينما تشتعل كتلة سلك تنظيف الأواني المعدنية بشدة في **الشكل 9b-3**؛ حيث تعمل زيادة مساحة سطح التفاعل على زيادة سرعة التفاعل؛ بسبب زيادة عدد الاصطدامات بين الجسيمات المتفاعلة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الشكل 9-3 توفر مساحة سطح سلك تنظيف الأواني المعدنية الكبيرة عددًا أكبر من الاصطدامات بين الأكسجين والفلز.

تجربة عملية

سرعة التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

درجة الحرارة Temperature

تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي. فأنت تعلم مثلاً أن التفاعلات التي تسبّب تلف الأطعمة تكون أسرع كثيرًا عند درجة حرارة الغرفة منها عند وضع الأطعمة في الثلاجة. يوضح الرسم البياني في **الشكل 10-3** أن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10 K تؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل تقريبًا. فكيف يمكن لزيادة طفيفة في درجة الحرارة أن يكون لها هذا التأثير الكبير؟

إن زيادة درجة حرارة المادة يزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي تتكون منها المادة. ولهذا السبب تتصادم الجسيمات على نحو أكثر عند درجات الحرارة المرتفعة مما عليه الحال عند درجات الحرارة المنخفضة. ومع ذلك لا تفسر هذه الحقيقة وحدها الزيادة في سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة. ولفهم أفضل للعلاقة بين تغير سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة، تفحّص الرسم البياني في **الشكل 10-3**، الذي يقارن بين أعداد الجسيمات التي لها الطاقة الكافية للتفاعل عند درجات الحرارة T_1 و T_2؛ حيث T_2 أكبر من T_1. ويمثل الخط المتقطع طاقة التنشيط E_a للتفاعل. وتمثل المنطقة المظللة تحت كل منحنى عدد الاصطدامات التي لها طاقة مساوية أو أكبر من طاقة التنشيط. كيف يمكن المقارنة بين المناطق المظللة؟ عدد الاصطدامات العالية الطاقة عند درجة الحرارة العالية T_2 أكبر كثيرًا من عدد الاصطدامات عند درجة الحرارة المنخفضة T_1. لذلك كلما كانت درجة الحرارة أعلى كان عدد الاصطدامات التي ينتج عنها تفاعلٌ أكبرَ.

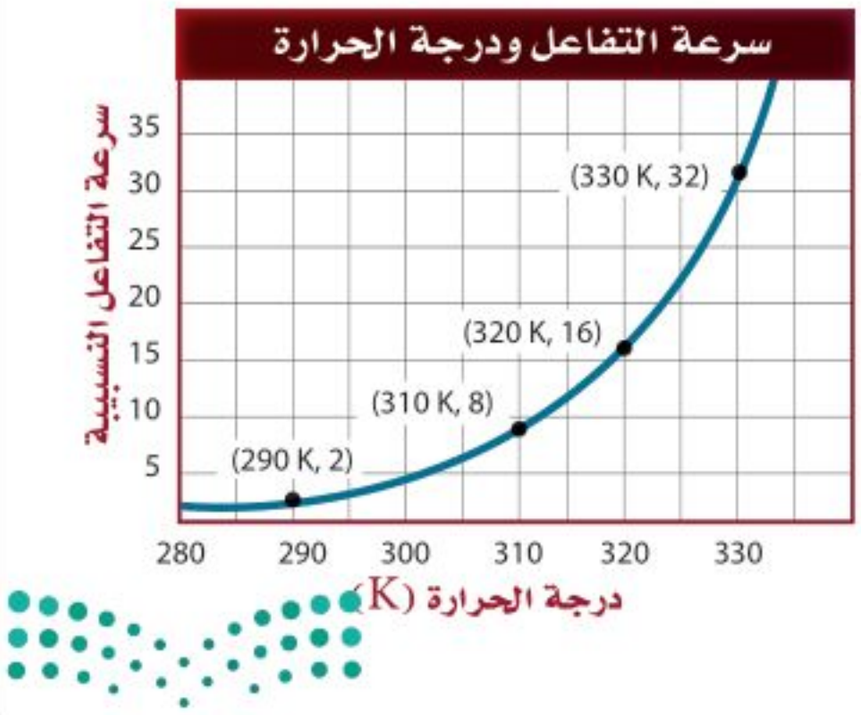
اختبار الرسم البياني حدّد السرعة النسبية للتفاعل عند درجة حرارة 325 K.

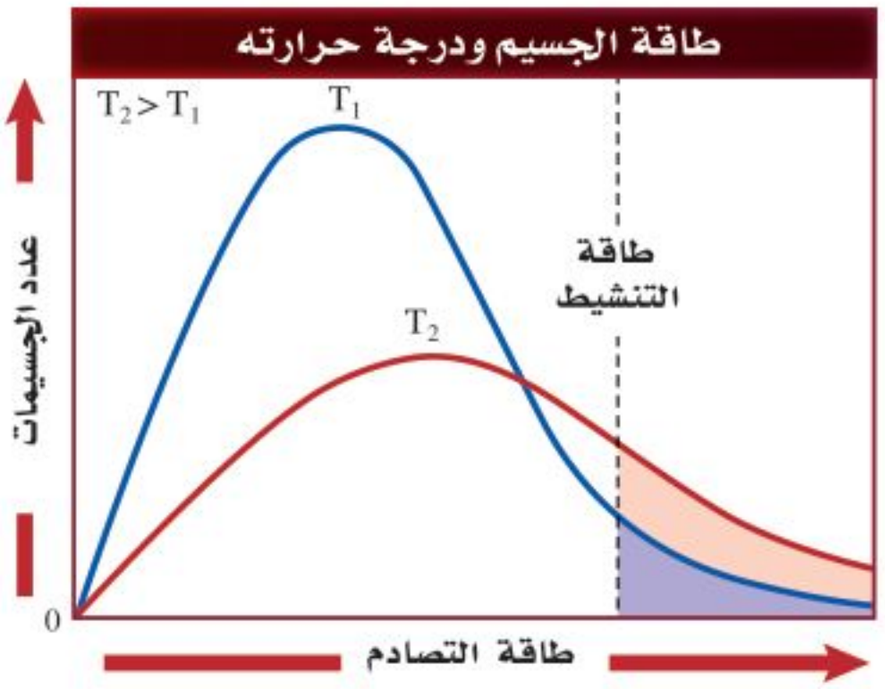
تجربة عملية

مساحة السطح وسرعة التفاعل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 10-3 يؤدي الارتفاع في درجة الحرارة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات، وبالتالي زيادة عدد الجسيمات التي تمتلك طاقة التنشيط، وهذا يؤدي إلى زيادة عدد الاصطدامات وزيادة سرعة التفاعل. إضافة إلى ذلك فإن للكثير من الاصطدامات طاقة كافية للتغلب على طاقة التنشيط، لذا تؤدي إلى التفاعل.





تجربة

دراسة العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة

ما تأثير درجة الحرارة في التفاعل الكيميائي؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. جزّئ قرصًا من الأقراص الفوّارة إلى أربع قطع متساوية.
3. استعمال الميزان لقياس كتلة قطعة واحدة منها. ضع 50 mL من الماء عند درجة حرارة الغرفة (25°C تقريبًا) في كأس زجاجية سعتها 250 mL. استعمل مقياس حرارة لقياس درجة حرارة الماء.
4. ضع قطعة القرص الفوّار في الماء، وسجل الوقت لحظة ملامستها للماء، ولحظة ذوبانها تمامًا، باستعمال ساعة إيقاف أو ساعة يد بها عقرب ثوان.
5. كرّر الخطوتين 3 و 4، لكن في هذه المرة سخّن الماء تدريجيًّا على سخّان كهربائي حتى تصل درجة حرارته إلى 50°C، وحافظ على درجة حرارة الماء عند هذه الدرجة طوال وقت التفاعل.

التحليل

1. **حدد** الكتلة الابتدائية، والكتلة النهائية، والزمن الابتدائي t_1 والزمن النهائي t_2 لكل محاولة.
2. **احسب** سرعة التفاعل من خلال إيجاد كتلة المادة المتفاعلة المستهلكة لكل محاولة في الثانية الواحدة.
3. **صف** العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة لهذا التفاعل.
4. **توقع** سرعة التفاعل لو تم إجراؤه عند درجة حرارة 40°C، وفسر الأسس التي اعتمدت عليها في توقعك. وللتأكد من توقعك كرّر التجربة عند 40°C باستعمال قطعة أخرى من القرص الفوّار.
5. **قوّم** مدى دقة وصحة توقعك لسرعة التفاعل عند 40°C، مقارنة بالقيمة المقيسة لسرعة التفاعل.

المحفِّزات والمثبِّطات Catalysts and Inhibitors

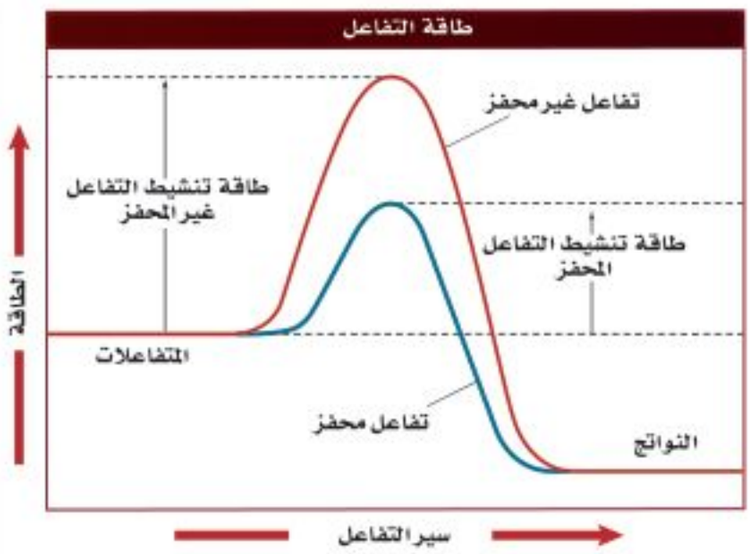
يؤثر كل من درجة الحرارة وتركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل. إلا أن زيادة درجة الحرارة ليست دائمًا أفضل طريقة عملية لتسريع التفاعل الكيميائي. فإذا أردت مثلاً زيادة سرعة تحلل الجلوكوز في الخلية الحية فلن يكون الحل في زيادة درجة الحرارة أو زيادة تركيز المواد المتفاعلة؛ لأن ذلك قد يضر بالخلية أو يقتلها، ولكنْ هناك نوعان من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل، هما:

المحفِّزات لا يحدث كثير من التفاعلات الكيميائية في المخلوقات الحية بالسرعة الكافية للمحافظة على الحياة عند درجات الحرارة الطبيعية لولا وجود الإنزيمات التي خلقها الله تعالى. فالإنزيم نوع من أنواع **المحفّزات** التي تعمل على زيادة سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تُستهلك في التفاعل. وتستعمل المحفزات على نطاق واسع في الصناعات الكيميائية لإنتاج كمية أكبر من المنتج بسرعة كبيرة، مما يقلل من تكلفته. ولكن لا يزيد المحفّز من عدد النواتج، ولا يعد ضمن المواد المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل، لذا لا يتم تضمينه في المعادلات الكيميائية.

المثبّطات يسمى النوع الآخر من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل **المثبّطات**. وخلافًا للمحفز الذي يزيد سرعة التفاعل، تعمل المثبطات على إبطاء سرعة التفاعل. كما تَحُول بعض المثبطات دون حدوث التفاعل على الإطلاق.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 12-3 طاقة تنشيط أعلى تعني أنه يجب أن يكون للجسيمات طاقة أعلى لكي تتفاعل؛ فالحصان والفارس يحتاجان إلى القليل من الطاقة للقفز فوق حاجز منخفض، بينما يحتاجان إلى مزيد من السرعة والطاقة لاجتياز الحاجز المرتفع.



الشكل 11-3 يبين الشكل أن طاقة تنشيط التفاعل المحفز أقل من طاقة تنشيط التفاعل غير المحفز، لذا ينتج التفاعل المحفز النواتج بسرعة أكبر من التفاعل غير المحفز.

اختبار الرسم البياني

حدّد من الرسم كيف أثر استعمال العامل المحفز في الطاقة المنطلقة من التفاعل؟

يبين الرسم البياني في **الشكل 11-3** مخطط الطاقة لتفاعل كيميائي طارد للطاقة. ويمثل الخط الأحمر مسار التفاعل دون وجود أي محفز، في حين يمثل الخط الأزرق سير التفاعل مع وجود المحفز. لاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل المحفَّز أقل كثيرًا من طاقة التنشيط في التفاعل غير المحفَّز. يمكنك اعتبار طاقة التنشيط في التفاعل عقبة يجب تخطّيها، كما هو مبين في **الشكل 12-3**. ففي هذا السياق يحتاج الحصان والفارس مثلاً طاقة أقل كثيرًا لاجتياز الحاجز المنخفض، مقارنة بالطاقة اللازمة للقفز فوق الحاجز المرتفع.

تعمل المثبطات بطرائق متنوعة؛ فبعضها يغلق المسارات المنخفضة الطاقة، لذا تزيد طاقة التنشيط للتفاعل، وتعمل مثبطات أخرى على التفاعل مع المحفّز، فتدمره أو تمنعه من أداء وظيفته. وفي أحيان أخرى، كما في التفاعلات الحيوية، ترتبط المثبطات مع الإنزيمات التي تحفز التفاعل، فتمنع حدوثه. أما في صناعة الأغذية فتسمى المثبطات الموادَّ الحافظة، أو المواد المضادة للأكسدة. وتعدّ بعض المواد الحافظة آمنة للأكل، وتعطي فترة صلاحية أطول للغذاء.

التقويم 2-3

الخلاصة

- تتضمن العوامل الرئيسة التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعةَ المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، والحرارة، والمحفزات.
- تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل؛ وذلك بزيادة عدد الاصطدامات التي تشكل المعقد المنشط.
- تزيد المحفزات من سرعة التفاعل الكيميائي بتقليل طاقة التنشيط.

12. **الفكرة الرئيسة** **وضّح** سبب سرعة تفاعل فلز الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك HCl مقارنة بالحديد.
13. **فسّر** تأثير التركيز في سرعة التفاعل حسب نظرية التصادم.
14. **قارن** بين المحفزات والمثبطات.
15. **صف** تأثير طحن إحدى المواد الداخلة في التفاعل على شكل مسحوق بدلاً من وضعها قطعة واحدة ـ في سرعة التفاعل.
16. **استنتج** إذا كانت زيادة درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K يؤدي إلى تضاعف سرعة التفاعل، فماذا تتوقع أن يكون أثر زيادة درجة الحرارة بمقدار 20 K.
17. **ابحث** في كيفية استعمال المحفزات في الصناعة، أو الزراعة، أو في معالجة التربة الملوثة، أو النفايات، أو الماء الملوث. اكتب تقريرًا قصيرًا تلخص النتائج التي حصلت عليها حول دور المحفزات في أحد هذه التطبيقات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–3

الأهداف

- **تكتب** العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز.
- **تحدد** رتبة التفاعل الكيميائي بمقارنة السرعات الابتدائية.

مراجعة المفردات

المتفاعلات: المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

قانون سرعة التفاعل

ثابت سرعة التفاعل

رتبة التفاعل

قوانين سرعة التفاعل الكيميائي

Reaction Rate Laws

الفكرة الرئيسة **قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية - يمكن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.**

الربط مع الحياة عندما يزداد انهمار المطر تزداد سرعة جريان الماء فوق سطح الأرض. وبالطريقة نفسها، عندما يزيد الكيميائي تركيز المواد المتفاعلة تزداد سرعة التفاعل.

كتابة قوانين سرعة التفاعلات Writing Reaction Rate Laws

تعلمت من قبل كيفية حساب متوسط السرعة للتفاعل الكيميائي. وكلمة (متوسط rate) مهمة؛ لأن معظم التفاعلات الكيميائية تتناقص سرعتها عند استهلاك المواد المتفاعلة، ويقل عدد الجسيمات المتوافرة للتصادم. لقد وضع الكيميائيون نتائج نظرية التصادم في معادلة سميت **قانون سرعة التفاعل**، وهو يعبر عن العلاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتركيز المواد المتفاعلة. فعلى سبيل المثال، يعدّ التفاعل $A \rightarrow B$ تفاعلاً من خطوة واحدة، ويعبَّر عن قانون سرعة تفاعله على النحو الآتي:

$$R = k[A]$$

R يمثل سرعة التفاعل، [A] تركيز المادة المتفاعلة، بينما k هو ثابت سرعة التفاعل

يعبر عن سرعة التفاعل بخطوة واحدة بحاصل ضرب كمية ثابتة في تركيز المادة المتفاعلة.

والرمز k قيمة عددية ثابتة تسمى **ثابت سرعة التفاعل**. وترتبط هذه القيمة العددية سرعة التفاعل بتركيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة معينة. وثابت السرعة قيمة محددة لكل تفاعل، وله وحدات قياس مختلفة مثل: $L^2/mol^2.s$ ، أو $L/mol.s$ ، أو s^{-1}. ويجب تحديد قانون سرعة التفاعل تجريبيًّا، كما هو موضح في **الشكل 13-3**.

الشكل 13-3 يتم سحب عينات من خليط التفاعل على فترات منتظمة لتحديد سرعة التفاعل في أثناء حدوثه، ثم تحقن هذه العينات فورًا في جهاز الكروماتوجرافيا، الذي يقوم بتعرّف مكوناتها، ثم فصل بعضها عن بعض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يبين قانون السرعة أن سرعة التفاعل تتناسب طرديًّا مع التركيز المولاري للمركب A. كما أن ثابت سرعة التفاعل k لا يتغير مع التركيز، ولكنه يتغير مع تغير درجة الحرارة. وتعني القيمة الكبيرة لـ k أن A يتفاعل بسرعة لتكوين B.

قوانين سرعة التفاعل من الرتبة الأولى يُفهم من المعادلة الرياضية لسرعة التفاعل $R = k[A]$ أن التعبير $[A]$ يعني $[A]^1$. ويعرف الرقم العلوي الذي يمثل الأس للمادة المتفاعلة A **برتبة التفاعل**، والتي يمكن تحديدها من خلال معرفة تأثير التغير في تركيز المادة المتفاعلة على سرعة التفاعل. فعلى سبيل المثال، يُعبَّر عن قانون سرعة تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 بالمعادلة: $R = k\,[H_2O_2]$.

ولأن سرعة التفاعل تتناسب طرديًّا مع تركيز H_2O_2 مرفوعة إلى الأس 1 أي: $[H_2O_2]^1$ فإن تحلل H_2O_2 هو تفاعل من الرتبة الأولى، لذلك فإن سرعة التفاعل ستتغير التغير نفسه في تركيز H_2O_2. فإذا انخفض تركيز H_2O_2 إلى النصف فإن سرعة التفاعل ستنخفض أيضًا بمقدار النصف.

تذكر أنه يتم تحديد سرعة التفاعل من البيانات التجريبية. ولأن رتبة التفاعل تعتمد على سرعة التفاعل فإنه يترتب على ذلك أن رتبة التفاعل تحدد تجريبيًّا أيضًا. وأخيرًا، ولأن ثابت السرعة k يصف سرعة التفاعل، فإنه يجب تحديده تجريبيًّا أيضًا. ويبين **الشكل 14-3** كيف تتغير سرعة التفاعل الابتدائية لتحلل H_2O_2 مع التغير في تركيز H_2O_2.

ماذا قرأت؟ **استنتج** إذا كانت رتبة المادة المتفاعلة في تفاعل كيميائي من الرتبة الأولى، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة ثلاثة أضعاف؟

قوانين سرعة التفاعل لرُتب أخرى الرتبة الكليّة للتفاعل الكيميائي هي ناتج جمع رتب المواد المتفاعلة في التفاعل الكيميائي. ومن المعلوم أن الكثير من التفاعلات ـ وبخاصة تلك التي تحتوي على أكثر من مادة متفاعلة ـ ليست من الرتبة الأولى. لنتفحص الشكل العام لتفاعل كيميائي مكون من مادتين متفاعلتين، كما هو مبين في المعادلة الآتية؛ حيث ترمز a وb في هذه المعادلة الكيميائية للمعاملات.

$$aA + bB \rightarrow \text{نواتج}$$

يكون **الشكل** العام لسرعة مثل هذا التفاعل كما يأتي:

القانون العام لسرعة التفاعل

$$R = k[A]^m[B]^n$$

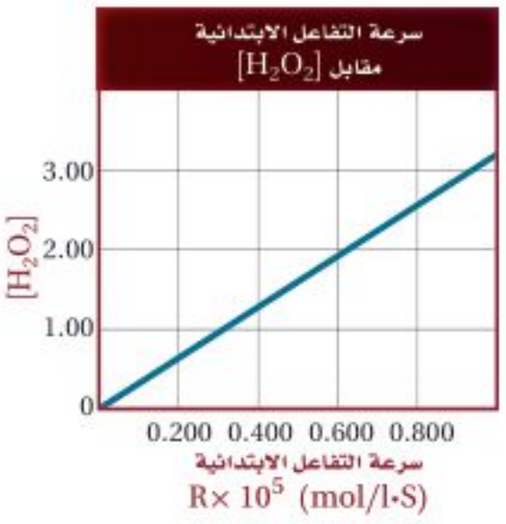
حيث $[A]$ و $[B]$ يمثلان تراكيز المواد المتفاعلة، وm و n يمثلان رتب التفاعل.

سرعة التفاعل تساوي حاصل ضرب ثابت سرعة التفاعل في تراكيز المواد المتفاعلة كل منها مرفوع للأس (الرتبة) التي يتم تحديدها تجريبيًّا.

إذا حدث التفاعل بين A و B في خطوة واحدة، وتكوَّن معقد نشط واحد فقط فستكون $a = m$ و $b = n$. وهذا غير محتمل؛ لأن تفاعلات الخطوة الواحدة ليست شائعة. فعلى سبيل المثال، تأمل التفاعل بين أول أكسيد النيتروجين NO والهيدروجين H_2، الموضح في المعادلة الآتية:

$$2NO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الشكل 14-3 يبين الرسم البياني العلاقة المباشرة بين تركيز H_2O_2 وسرعة التحلل.



اختبار الرسم البياني

طبق استعمل الرسم لتحديد سرعة التفاعل عندما $[H_2O_2] = 1.5\ mol/L$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يحدث هذا التفاعل في أكثر من خطوة، لذا فإن قانون سرعة التفاعل له يكون: $R = k\,[H_2]\,[NO]^2$

ويُحَدَّد قانون السرعة من البيانات التجريبية التي تشير إلى أن السرعة تعتمد على تركيز المواد المتفاعلة على النحو الآتي: إذا تضاعف [NO] مرتين فإن السرعة تتضاعف أربع مرات؛ وإذا تضاعف $[H_2]$ مرة واحدة فإن السرعة تتضاعف مرة واحدة.

يوصف التفاعل بأنه من الرتبة الثانية في NO، ومن الرتبة الأولى في H_2، وبذلك يكون التفاعل من الرتبة الثالثة. فالرتبة الكلية للتفاعل هي مجموع الرتب لكل مادة متفاعلة (مجموع الأسس)، الذي هو $(2 + 1 = 3)$.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف يمكنك تحديد الرتبة الكلية للتفاعل من معادلة سرعة التفاعل؟

تحديد رتبة التفاعل Determining Reaction Order

تحدد رتبة التفاعل من خلال مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل بتغير تركيز المواد المتفاعلة. إن السرعة الابتدائية تقيس سرعة التفاعل في اللحظة التي يتم فيها إضافة المواد المتفاعلة ذات التراكيز المعروفة، وخلط بعضها ببعض. انظر إلى التفاعل العام الآتي (نواتج $\longrightarrow aA + bB$)، وافترض أنه أجري ثلاث مرات بتراكيز مختلفة لكل من A وB ، وأن سرعة التفاعل الابتدائية كما هو مبين في **الجدول 2-3**. تذكر أن قانون سرعة التفاعل العام لهذا النوع من التفاعلات هو: $R = k\,[A]^m\,[B]^n$

قارن بين التركيز وسرعة التفاعل في المحاولتين الأولى والثانية من خلال البيانات في **الجدول 2-3**، لتحديد m رتبة (أس) المادة [A] مع بقاء تركيز المادة B ثابتًا، لاحظ أن تركيز المادة A في المحاولة 2 هو ضعف التركيز في المحاولة 1. ولاحظ أيضًا أن سرعة التفاعل في المحاولة 2 قد تضاعفت مرتين، مما يعني أن تفاعل المادة A أحادي الرتبة. ولأن $2 = 2^m$، فلا بد إذن أن تكون قيمة m تساوي 1.

وسنستعمل الطريقة نفسها لتحديد قيمة الأس n في المادة [B]. فعند مقارنة تركيز المادة B في المحاولتين الثانية والثالثة سنجد أن تركيزها قد تضاعف في المحاولة الثالثة مع بقاء تركيز المادة A ثابتًا، مما يعني زيادة سرعة التفاعل أربع مرات عن المحاولة الثانية. ولأن $4 = 2^n$، فلا بد إذن أن تكون قيمة n تساوي 2.

تدل المعلومات السابقة على أن التفاعل للمادة A أحادي الرتبة، بينما التفاعل للمادة B ثنائي الرتبة، وهذا يوصلنا إلى القانون العام الآتي لسرعة التفاعل. $R = k\,[A]^1[B]^2$

لذا فإن التفاعل عمومًا من الرتبة الثالثة (مجموع الأسس $3 = 1 + 2$).

الجدول 2-3

بيانات السرعات الابتدائية للتفاعل

نواتج $\longrightarrow aA + bB$

المحاولة	السرعة الابتدائية mol/l • s	التركيز الابتدائي [A] (M)	التركيز الابتدائي [B] (M)
1	2.00×10^{-3}	0.100	0.100
2	4.00×10^{-3}	0.200	0.100
3	16.00×10^{-3}	0.200	0.200

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

18. اكتب معادلة قانون سرعة التفاعل $aA \rightarrow bB$ إذا كان تفاعل المادة A من الرتبة الثالثة.

19. إذا علمت أن التفاعل $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$ من الرتبة الأولى للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل هي الرتبة الثالثة، فما القانون العام لسرعة التفاعل؟

20. في ضوء البيانات التجريبية الواردة في الجدول الآتي، حدد قانون سرعة التفاعل: نواتج $\rightarrow aA + bB$

(ملاحظة : أي رقم مرفوع إلى القوة صفر يساوي 1. على سبيل المثال: $(55.6)^0 = 1$ و $(0.22)^0 = 1$)

بيانات تجريبية			
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي [A](M)	التركيز الابتدائي [B](M)	السرعة الابتدائية mol/(l·s)
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	2.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	4.00×10^{-3}

21. تحفيز إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل: $CH_3CHO_{(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + CO_{(g)}$ هو: $R = k[CH_3CHO]^2$.

فاستعمل هذه المعلومات لتعبئة البيانات المفقودة في الجدول الآتي:

بيانات تجريبية		
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي [A](M)	السرعة الابتدائية (mol/(l·s))
1	2.00×10^{-3}	2.70×10^{-11}
2	4.00×10^{-3}	10.8×10^{-11}
3	8.00×10^{-3}	

التقويم 3-3

الخلاصة

- تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة وتركيز محدَّدين للموادِ المتفاعلة قانونَ سرعة التفاعل.
- يحدد قانون سرعة التفاعل تجريبيًّا باستخدام طريقة مقارنة السرعات الابتدائية.

22. الفكرة الرئيسة **اشرح** ماذا يمكن أن نعرف عن التفاعل من خلال قانون سرعة التفاعل الكيميائي؟

23. طبق اكتب معادلات قانون سرعة التفاعل التي تظهر الفرق بين التفاعل من الرتبة الأولى والتفاعل من الرتبة الثانية لمادة متفاعلة واحدة.

24. اشرح وظيفة ثابت سرعة التفاعل في معادلة قانون سرعة التفاعل.

25. وضح متى يمكن أن يصبح ثابت سرعة التفاعل k ليس ثابتًا؟ وعلام تدل قيمة k في قانون سرعة التفاعل؟

26. اقترح تفسيرًا لأهميّة أن نعرف أنّ قيمة قانون سرعة التفاعل هو متوسط سرعة التفاعل.

27. فسّر كيفية ارتباط الأسس في معادلة قانون سرعة تفاعل كيميائي بالمعاملات في المعادلة الكيميائية التي تمثله.

28. حدد الرتبة الكلية لتفاعل المادتين A و B إذا علمت أن معادلة سرعته: $R = k[A]^2[B]^2$.

29. صمم تجربة اشرح كيف يمكن تصميم تجربة لتحديد القانون العام لسرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل: نواتج $\rightarrow aA + bB$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء والصحة

سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم

تخّيــل أنك خرجت من المنزل في يوم بارد مسرعًا؛ لأنك متأخر عن المدرسة دون أن تلبس معطفك، وبدأت تركض، وبعد وقت قصير بدأت ترتجف. إن الارتجاف استجابة تلقائية من قبل الجسم، وهي عملية مهمة للحفاظ على درجة حرارته.

درجة حرارة الجسم الطبيعية Normal body temperature

درجة حرارة الجســم الطبيعيــة 37°C تقريبًــا، ولكنها قد تختلف باختلاف العمر، أو الجنس، أو الوقت، أو مســتوى النشاط الذي يقوم به الشــخص؛ فترتفع درجــة حرارة جســمك عندما تقوم بأنشــطة شــاقة، أو عندما تكون درجة حرارة الهــواء المحيط بك مرتفعة. ويمكن أن تنخفض درجة حرارة جســمك عند أخذ حمام بارد، أو ارتداء ملابس خفيفة في طقس بارد.

التفاعلات الكيميائية تسخّن الجسم

Chemical reactions heat the body

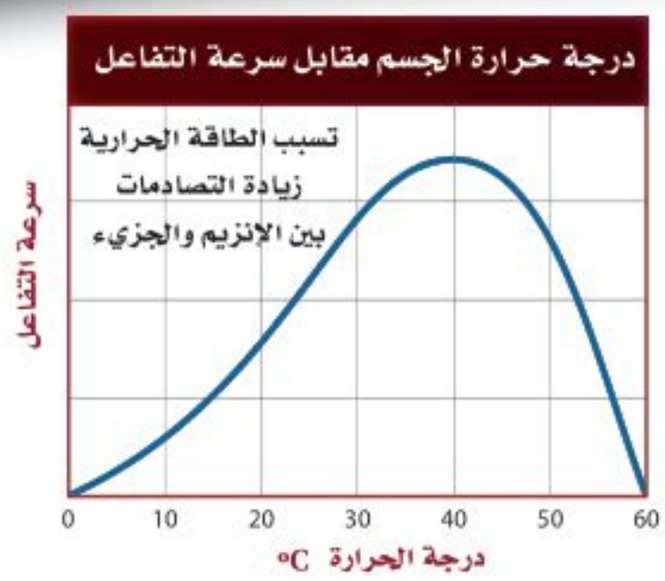
يتم هضم الطعام داخل كل خلية من خلايا الجســم؛ لإنتاج الطاقة التي تُستعمل أو تخزّن على شــكل جزيئات كبيرة تسمى أدينوسين ثلاثي الفوســفات (ATP). وعند الحاجة إلى الطاقة يتحول ATP إلى أدينــوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجــموعة الفوسفات (P_i)، وتتحرر طاقة.

$$ATP \rightarrow ADP + P_i + \text{طاقة}$$

تتطلب مثل هذه التفاعلات إنزيــمات خاصة لكي تنظم سرعتها. والإنزيمات بروتينــات محفّزة تكون أكثر كفاءة ضمن درجة حرارة جسم الإنســان الطبيعية. لا يمكن أن تحدث مثل هذه التفاعلات بسرعة تلبي احتياجات الجســم دون مســاعدة الإنزيمات ودرجة حرارة قريبة مــن 37 °C. أما خارج نطاق هــذه الحرارة، فتصبح سرعة التفاعل أبطأ، كما هو مبين في **الشكل 1**.

تنظيم درجة حرارة الجسم Regulating body temperature

يقوم المهاد – وهو جزء من الدماغ – بتنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق نظام التغذية الراجعة المعقد؛ حيث يحافظ النظام على التوازن بين الطاقــة الحرارية الصادرة عــن التفاعــلات الكيميائية داخل الجسم، والطاقة الحرارية المتبادلة بين الجسم والبيئة المحيطة به.



الشــكل 1 تقترب درجة حرارة الجسم من 37°C. تؤدي الزيادة الكبيرة في الطاقة الحرارية إلى كسر التركيب البنائي للبروتينات، مما يوقف قدرتها على العمل كما ينبغي.

انخفاض درجة حرارة الجسم

Hypothermia-Low body remperature

عندما تنخفــض درجة حرارة الجســم تبدأ غــدة تحت المهاد القيام بالعمليات التي من شــأنها زيادة تحرير الطاقة الحرارية. فالقشــعريرة أو الارتجــاف عملية تنتج عــن تقلصات سريعة للعضــلات نتيجة التفاعــلات الكيميائية التــي تطلق الطاقة الحرارية. كما يبدأ الجســم أيضًا إجــراءات للحفاظ على الطاقة الحرارية للجسم، ومن ذلك الحد من تدفق الدم إلى الجلد.

ارتفاع درجة حرارة الجسم

Hyperthermia-High body temperature

تؤدي الطاقة الحرارية المفرطة ســواء من البيئة أو بســبب زيادة التفاعلات الكيميائية داخل الجسم إلى استجابة الجسم بواسطة التعرق. وينتج ذلك عن توســع الأوعية الدمويــة القريبة من سطح الجلد وتمددها، إضافة إلى زيادة عمل القلب والرئة. ومن شأن هذه العمليات زيادة انتقال الطاقة الحرارية للبيئة. وقد خلق الله عز وجل النظــام الكامل للتحكم في درجة الحرارة من أجل الحفاظ على حدوث التفاعلات داخل الجسم بالسرعة المثلى.

الكتابة في الكيمياء **بحث** صمــم كتيبًــا للمرضى حول العــلاج الطبــي لانخفاض درجــة حرارة الجســم أو ارتفاعها. ثم صف المدى الطويل لتأثير هذه الأمراض، وكيف يمكن منعها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

تأثير التركيز في سرعة التفاعل الكيميائي

الخلفيـة تصف نظرية التصادم كيف يؤثر التغير في تركيز إحدى المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل الكيميائي؟

سؤال كيف يؤثر تركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل؟

المواد والأدوات اللازمة

ماصة مدرجة سعتها 10 mL
ماء مقطر
شريط ماغنسيوم
مقص
ملاقط
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 6 M
أنابيب اختبار قطرها 25 mm وطولها 150 mm مرقمة من 1 إلى 4
ساق تحريك زجاجية
مالئة ماصة
حامل أنابيب اختبار
ورق صنفرة
مسطرة بلاستيكية
ساعة إيقاف

إجراءات السلامة

تحذير: تجنب سحب أي مواد كيميائية عن طريق الفم. تجنب أن يلامس حمض الهيدروكلوريك الجلد أو العيون؛ فهو مادة كاوية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل الماصة المدرَّجة البلاستيكية لسحب 10 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl الـذي تركيزه 6 M، ثم ضعها في أنبوب الاختبار رقم 1.
3. اسـحب 5 mL من حمض HCl الذي تركيزة 6 M، باسـتعمال الماصة من أنبـوب الاختبار رقم 1، ثم ضعها في أنبوب الاختبار رقم 2، وأضف إليها 5mL من الماء المقطر، ثم حرّك المزيج بساق التحريك، ليصبح تركيز المحلول 3.0 M HCl
4. اسـحب 5 mL من محلول حمض HCl الذي تركيزه 3.0 M من أنبوب الاختبار رقم 2، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 3. أضف إليها 5 مل من المـاء المقطر، وحركها بسـاق التحريك، ليصبح تركيز المحلول 1.5 M HCl.
5. اسـحب 5 mL من محلول حمض HCl الـذي تركيزه 1.5 M من أنبوب الاختبار رقم 3، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 4.

وأضـف إليها 5 mL من الماء المقطـر، وحرك المزيج، ليصبح تركيز المحلول 0.75 M HCl.

6. اسحب 5 mL من حمض HCl الذي تركيزه 0.75 M من أنبوب الاختبار رقم 4، ثم خففها بالماء، وتخلص منها في المغسلة.
7. ضع شريطـا من الماغنسـيوم طوله 1 cm باسـتعمال الملقط في الأنبوب رقم 1. سـجل في جـدول البيانات الزمن المسـتغرق بالثانية، حتى تتوقف الفقاعات عن الظهور.
8. كرر الخطوة رقم 7 مع أنابيب الاختبار الثلاثة المتبقية. وسـجل الزمن اللازم لتوقف الفقاعات عن الظهور.
9. **التنظيـف والتخلص من النفايـات** أفرغ المحاليل الحمضية في وعاء التخلص من الأحماض، واغسل أنابيب الاختبار وأدوات المختبر جيدًا باسـتعمال الماء، وتخلّص من المواد الأخرى بحسـب توجيهات المعلم. ثـم أعد الأدوات المختبرية جميعها إلى أماكنها.

التحليل والاستنتاج

1. **الرسـم البياني** ارسـم منحنى بيانيًّا يمثل تركيز الحمض (على محور السينات)، وزمن التفاعل (على محور الصادات).
2. **اسـتنتج** العلاقة بين تركيز الحمض وسرعة التفاعل الكيميائي، بالاعتماد على الرسم البياني.
3. **ضـع فرضية** بالاعتماد على: نظريـة التصادم، وسرعة التفاعل، وتركيز المواد المتفاعلة؛ لتفسير النتائج التي حصلت عليها.
4. **تحليل الخطأ** قارن نتائـج التجربة التي حصلت عليها بالنتائج التي حصل عليها الطلبة الآخرون في المختبر، وفسّر الاختلافات.

الاستقصاء

صمّم تجربة اعتمادًا على مشاهداتك والنتائج التي حصلت عليها، هل يؤثر التغيّر في درجة الحرارة في سرعة التفاعل؟ صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

3-1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

المفردات

- سرعة التفاعل
- نظرية التصادم
- المعقد المنشط
- طاقة التنشيط

الأفكار الرئيسة

- يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي بسرعة استهلاك المواد المتفاعلة أو سرعة تكوّن المواد الناتجة.
- متوسط سرعة التفاعل = $\frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة أو الناتجة}}{\text{التغير في الزمن } \Delta t}$
- تحسب سرعة التفاعل عمومًا ويعبر عنها بوحدة mol /L.s.
- لا بد من تصادم الجسيمات لحدوث التفاعل.

3-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعل الكيميائي، ومنها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

المفردات

- المحفزات
- المثبطات

الأفكار الرئيسة

- تتضمّن العوامل الرئيسة التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعةَ المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، والحرارة، والمحفزات.
- تؤدّي زيادة درجة الحرارة عمومًا إلى زيادة سرعة التفاعل؛ وذلك بزيادة عدد الاصطدامات التي تشكل المعقد المنشط.
- تزيد المحفزات من سرعة التفاعل الكيميائي بتقليل طاقة التنشيط.

3-3 قوانين سرعة التفاعل الكيميائي

الفكرة الرئيسة قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية -يمكن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

المفردات

- قانون سرعة التفاعل
- ثابت سرعة التفاعل
- رتبة التفاعل

الأفكار الرئيسة

- تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارةٍ وتركيزٍ محدَّدين للمواد المتفاعلة قانونَ سرعة التفاعل.

$$R = k\,[A]$$

$$R = k[A]^{m}[B]^{n}$$

- يحدد قانون سرعة التفاعل تجريبيًّا باستخدام طريقة مقارنة السرعات الابتدائية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3-1

إتقان المفاهيم

30. ماذا يحدث لتراكيز المواد المتفاعلة والناتجة في أثناء حدوث التفاعل؟

31. اشرح المقصود بمتوسط سرعة التفاعل.

32. كيف يمكن أن تعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي $A \rightarrow B$ بالاعتماد على تركيز المادة المتفاعلة A؟ وكيف يمكن مقارنة سرعة التفاعل بالاعتماد على المادة الناتجة B؟

33. ما دور المعقد المنشط في التفاعل الكيميائي؟

34. طبّق نظرية التصادم لتفسير السبب في عدم تفاعل مادتين مع بعضهما البعض؟

إتقان حل المسائل

35. يتفاعل الماغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك بحسب المعادلة:

$$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + MgCl_{2(aq)}$$

إذا كانت كتلة Mg تساوي 6 g لحظة بدء التفاعل، وبقي منها 4.5 g، بعد مضي 3.00 min فما متوسط سرعة التفاعل بدلالة عدد مولات Mg المستهلكة/ دقيقة؟

36. وجد أن سرعة تفاعل كيميائي 2.25×10^{-2} mol /L.s عند درجة حرارة 322 K، فما مقدار هذه السرعة بوحدة mol /L.min؟

3-2

إتقان المفاهيم

37. ما دور نشاط المواد المتفاعلة في تحديد سرعة التفاعل الكيميائي؟

38. ما العلاقة بين سرعة التفاعل عمومًا وتركيز المواد المتفاعلة؟

39. طبّق نظرية التصادم لتفسير سبب زيادة سرعة التفاعل بزيادة تركيز المادة المتفاعلة.

40. فسر لماذا تتفاعل المادة الصلبة – التي على شكل مسحوق– مع الغاز أسرع من تفاعل المادة الصلبة نفسها إذا كانت قطعة واحدة؟

41. حفظ الأغذية طبّق نظرية التصادم لتفسير فساد الطعام ببطء عند وضعه في الثلاجة بالمقارنة ببقائه خارجها عند درجة حرارة الغرفة.

42. طبّق نظرية التصادم لتفسير سبب تفاعل مسحوق الخارصين لإنتاج غاز الهيدروجين أسرع من تفاعل قطع كبيرة منه عند وضع كليهما في محلول حمض الهيدروكلوريك.

43. يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وغاز الأكسجين بسرعة أكبر عند إضافة ثاني أكسيد المنجنيز. اشرح دور ثاني أكسيد المنجنيز في هذا التفاعل إذا علمت أنه لا يُستهلك في التفاعل.

إتقان حل المسائل

44. لنفترض أن كمية كبيرة من محلول فوق أكسيد الهيدروجين الذي تركيزه 3% قد تحلّلت لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين خلال 100 ثانية عند درجة حرارة 298 K. قدّر كمية غاز الأكسجين التي تنتج عن مقدار مماثل من المحلول في 100 ثانية وعند درجة حرارة 308 K.

45. استعمل المعلومات في السؤال 44 لتقدير كمية غاز الأكسجين التي تنتج عن كمية مماثلة من المحلول خلال 100 ثانية وعند درجة حرارة 318 K، ثم قدّر الزمن اللازم لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين عند درجة حرارة 288 K.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

3-3

إتقان المفاهيم

46. عند اشتقاق قانون سرعة التفاعل، فسّر لماذا يجب الاعتماد على الأدلة التجريبية أكثر من الاعتماد على المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعل؟

47. إذا كانت معادلة التفاعل العام هي: $A + B \rightarrow AB$ وقد وُجِدَ بالاعتماد على البيانات التجريبية أن رتبة التفاعل من الرتبة الثانية للمادة المتفاعلة A، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا انخفض تركيز المادة A إلى النصف وبقيت جميع الظروف الأخرى ثابتة؟

إتقان حل المسائل

48. تم الحصول على البيانات التجريبية المدرجة في **الجدول 3-3** من تحلل مركب الآزوميثان $CH_3N_2CH_3$ عند درجة حرارة محددة حسب المعادلة:

$$CH_3N_2CH_{3(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} + N_{2(g)}$$

استعمل البيانات الواردة في الجدول 3-3 لتحديد قانون سرعة التفاعل.

الجدول 3-3 تحلل مادة الأزوميثان

رقم التجربة	$[CH_3N_2CH_3]$ الابتدائي	السرعة الابتدائية للتفاعل
1	0.012 M	2.5×10^{-6} mol/L•s
2	0.024 M	5.0×10^{-6} mol/L•s

49. استعمل بيانات **الجدول 3-3** لحساب قيمة ثابت سرعة التفاعل k .

50. استعمل بيانات **الجدول 3-3** لتوقع سرعة التفاعل، إذا كان التركيز الابتدائي لـ $CH_3N_2CH_3$ هو 0.048 M، ودرجة الحرارة ثابتة.

مراجعة عامة

51. قوّم صحة الجملة الآتية: يمكنك تحديد سرعة تفاعل كيميائي عن طريق معرفة نسبة مولات المواد المتفاعلة في معادلة موزونة. فسّر إجابتك.

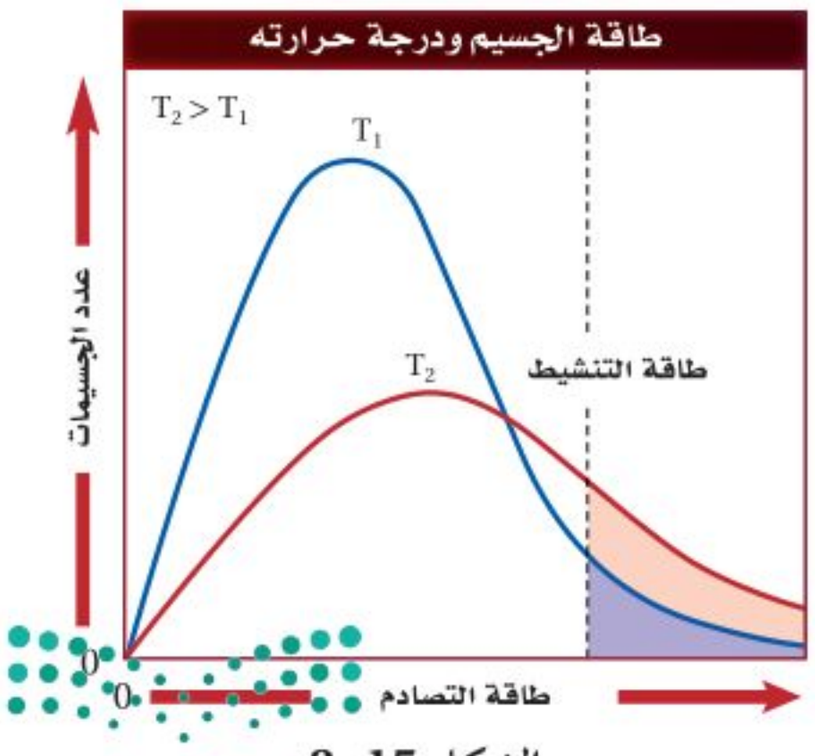
52. يتناقص تركيز المادة المتفاعلة A من 0.400 mol /L إلى 0.384 mol /L خلال 4.00 min. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol /L.min.

53. إذا زاد تركيز إحدى المواد الناتجة من 0.0882 mol /L إلى 0.1446 mol /L خلال 12.0 min، فما متوسط سرعة التفاعل خلال تلك الفترة؟

54. يعبّر عن التركيز في التفاعل الكيميائي بوحدة mol /L وعن الزمن بوحدة s. فإذا كان التفاعل الكلي من الرتبة الثالثة، فما وحدة ثابت سرعة التفاعل؟

التفكير الناقد

55. ميّز بين المناطق المظللة في **الشكل 3-15** عند درجتي الحرارة T_1 و T_2 بالاعتماد على عدد الاصطدامات التي تحدث في وحدة الزمن والتي لها طاقة أكبر من أو تساوي طاقة التنشيط.



الشكل 3-15

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

56. تأمل مخطط الطاقة لتفاعل ماصّ للطاقة، مكوّن من خطوة واحدة، ثم قارن ارتفاع طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي والتفاعل العكسي.

57. طبق طريقة مقارنة السرعات الابتدائية لتحديد رتبة التفاعل الكيميائي للمادة المتفاعلة X، واكتب مجموعة من البيانات التجريبية الافتراضية التي تقود إلى استنتاج أن تفاعل المادة X من الرتبة الثانية .

58. طبّق نظرية التصادم لتفسير سببين يوضحان أن الزيادة في درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K تؤدي غالبًا إلى مضاعفة سرعة التفاعل.

59. ارسم مخططًا يبين جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئين من المادة المتفاعلة A، وجزيئين من المادة المتفاعلة B، ثم زد عدد جزيئات A من 2 إلى 4، وارسم جميع احتمالات التصادم التي يتحد فيها A مع B. كم سيزداد عدد التصادمات التى ينتج عنها اتحاد A مع B؟ وعلام يدل ذلك فيما يتعلق بسرعة التفاعل؟

60. صمّم جدولاً لكتابة تراكيز المواد المتفاعلة في المعادلة الآتية، مبتدئًا بـ 0.100 M لكل المتفاعلات، ثم حدّد قانون سرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية:

$$aA + bB + cD \rightarrow \text{نواتج}$$

مسألة تحفيز

61. الهيدروكربونات يتحول البروبان الحلقي C_3H_6 عند تسخينه إلى بروبين $CH_2 = CHCH_3$. فإذا علمت أن سرعة التفاعل من الرتبة الأولى للبروبان الحلقي، وكان ثابت السرعة عند درجة حرارة معينة $6.22 \times 10^{-4}\ s^{-1}$، وثبت تركيز البروبان الحلقي عند 0.0300 mol /L، فما كتلة البروبين الناتجة خلال 10.0 min في حجم مقداره 2.50 L ؟

مراجعة تراكمية

62. ما كتلة كلوريد الحديد III اللازمة لتحضير محلول مائي منه حجمه 1.0 L وتركيزه 0.225 M؟

63. ما المعلومات التي يجب معرفتها لحساب الارتفاع في درجة غليان محلول الهكسان في البنزين؟

64. إذا كانت ΔH لتفاعل ما سالبة، فقارن طاقة المواد الناتجة بطاقة المواد المتفاعِلة، وهل التفاعل ماصّ أم طارد للطاقة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

65. الأدوية تخيّل انتشار مرض الأنفلونزا في بلد ما. ولحسن الحظ قام العلماء باكتشـــاف محفز جديد يزيد من سرعة إنتاج دواء فعّال ضد هـــذا المرض. اكتب مقالا صحفيًّا يصف كيفية عمل هذا المحفز على أن يشمل المقال مخطط الطاقة في التفاعلات التي تحدث، وشرحًا مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

أسئلة المستندات

الكواشف الكيميائية يســتعمل الكاشــف الكيميائي (الفينولفثالين) للكشف عن القواعد. تبين بيانات **الجدول 4-3** انخفاض تركيز الفينولفثالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول الفينولفثالين ذا التركيز 0.0050 M إلى محلول مركز من مادة قاعدية تركيزها 0.6 M .

الجدول 4-3 التفاعل بين الفينولفثالين وكمية فائضة من مادة قاعدية.

تركيز الفينولفثالين (M)	الزمن (s)
0.0050	0.0
0.0040	22.3
0.0020	91.6
0.0010	160.9
0.00050	230.3
0.00015	350.7

تم الحصول على البيانات من: شبكة بوند للأبحاث. 2006 ، الكيمياء الحركة.

66. ما متوســط سرعة التفاعــل في أول 22.3 s معبرًا عنه بوحدة mol /(L.s)؟

67. ما متوســط سرعة تفاعل الفينولفثالين عندما ينخفض تركيزه من 0.0050 M إلى 0.00015 M ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. جميع العبـــارات الآتية حول سرعة التفاعـــل الكيميائي صحيحة ما عدا:

a. السرعة التي يحدث بها التفاعل.

b. التغير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.

c. التغير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.

d. كمية المواد الناتجة المتكونة في كل فترة زمنية.

2. ادرس العبارات الآتية:

العبارة الأولى: من العوامل التى تؤثر في سرعة التفاعل طبيعـــة المـــادة المتفاعلة، والتركيز، ومســـاحة ســـطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفزات.

العبارة الثانية : تزيد المحفّـــزات من سرعة التفاعلات بزيادة طاقة التنشيط

العبارة الثالثة: يجب أن تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة حتى يحدث تفاعل.

أي العبارات السابقة صحيحة؟

a. الأولى والثانية.

b. الثانية والثالثة.

c. الأولى والثالثة.

d. الأولى والثانية والثالثة.

3. ما حجم الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 ml من محلول قياسي تركيـــزه 0.050 M لتخفيفـــه إلى محلول تركيزه 0.020 M؟

a. 15 mL

b. 9.0 mL

c. 6.0 mL

d. 2.4 mL

4. أي الوحدات لا تستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

a. M/min

b. L/s

c. mol/mL•h

d. mol/L•min

5. أي أنواع القوى بين الجزيئية الآتية يعد الأقوى؟

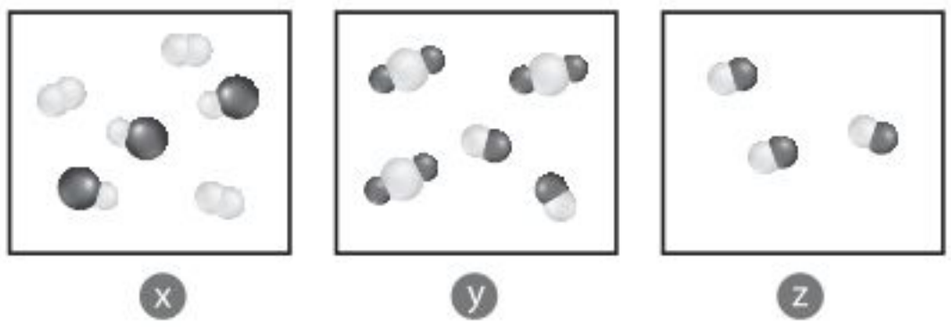
a. الرابطة الأيونية.

b. قوى ثنائية القطب.

c. قوى التشتت.

d. الرابطة الهيدروجينية.

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 6 و 7.



6. أي العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

a. x

b. y

c. z

d. كل من x وy

7. أي العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنسيوم؟

a. x

b. y

c. z

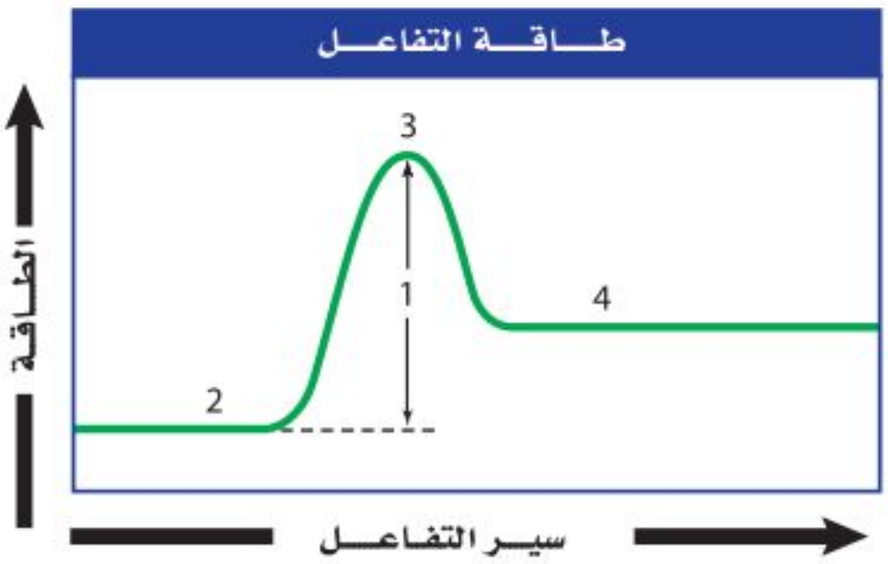
d. كل من x وy

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

8. افــترض أن قانون السرعة العام هو: $R = [A][B]^3$.
ما رتبة التفاعل لــكل من المادة A والمادة B؟ وما رتبة التفاعل الكلية؟



9. يبين **الشكل** أعلاه منحنى طاقة تفاعل. إلام يشير كل رقم من الأرقام المبينة في الرسم؟

10. المعادلــة $R=K[A]$ تصف سرعة تفاعــل من الرتبة الأولى. إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة A فماذا يطرأ على سرعة التفاعل؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية:

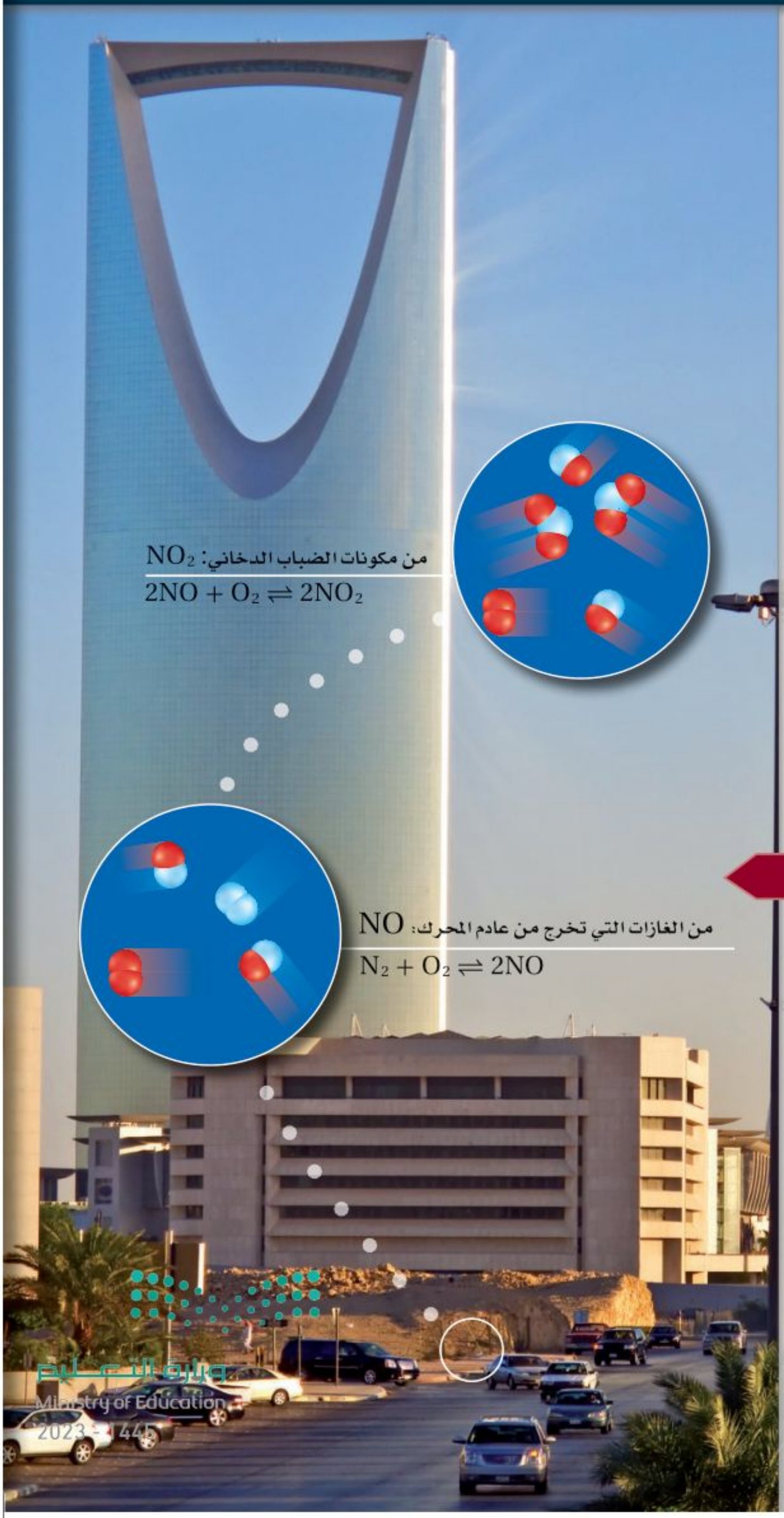
$$I_2 + Cl_2 \rightarrow 2ICl$$

فإذا كان $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل وأصبح 0.300 M بعد مضي 4.00 min فاحسب متوسط سرعة التفاعل بوحدة mol /L.min.

وزارة التعـليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

الاتزان الكيميائي
Chemical Equilibrium



الفكرة العامة يصل الكثير من التفاعلات إلى حالة من الاتـــزان الكيميائي؛ حيث تتكون كل مـــن المـــواد المتفاعلـــة والناتجـــة بسرعات متساوية.

4-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسة يوصف الاتزان الكيميائي بتعبـــير ثابت الاتزان، الـــذي يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

4-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسة عندما تطرأ تغيرات في نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.

4-3 استعمال ثوابت الاتزان

الفكرة الرئيسة يمكـن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حســـاب تراكيز المـــواد في التفاعل وذوبانيتها.

حقائق كيميائية

- يتسبب استعمال السيارات في تلويث الهواء أكثر من أي نشاط إنساني آخر.
- لقد أسهمت المحولات المحفزة والتغيرات الناجمة عن إضافة بعض المواد إلى الجازولين في جعل الســـيارات أنظف 40% مما كانت عليه قبل عقد من الزمن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما التساوي في الاتزان؟

الاتزان هو نقطة توازن تلغي عندها التغييرات المتعارضة بعضها بعضًا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قس 20 mL من الماء في **مخبار مدرج** وأفرغها في **كأس زجاجية مدرجة** سعتها 100 mL، ثم املأ المخبار المدرج بالماء إلى 20 mL، وأضف ثلاث نقاط من **ملون الطعام** إلى الماء في كل من الكأس والمخبار المدرج.
3. **أحضر ماصتين مفتوحتي الطرفين** لهما القطر نفسه.
4. بمساعدة زميلك، اغمر أحد الماصتين في الماء الملون في الكأس، والأخرى في الماء الملون في المخبار المدرج، وعند ارتفاع الماء الملون في الماصتين يغلق كل منكما الطرف العلوي للماصة بسبابته، وينقل محتوياته إلى الوعاء الآخر.
5. كرر عملية النقل 25 مرة، وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **صف** ملاحظاتك خلال عملية النقل.
2. **فسر** هل تختلف النتيجة النهائية إذا تابعت عملية النقل فترة أطول؟

استقصاء هل يمكن توضيح الاتزان إذا استعملت ماصات أو أنابيب زجاجية لها أقطار مختلفة؟ فسر ذلك.

المطويات
منظمات الأفكار

التغيرات المؤثرة في الاتزان قم بعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تنظيم المعلومات عن العوامل المؤثرة في الاتزان

الخطوة 1 اطو ورقة إلى ثلاثة أقسام أفقيًا.

الخطوة 2 افتح الورقة ثم اطو الجزء العلوي إلى أسفل 2 cm.

الخطوة 3 افتح الورقة، ثم ارسم خطوطًا على حدود الطيات، وعنون الأعمدة: التغير في التركيز، التغير في الحجم والضغط، التغير في درجة الحرارة.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–4**، ولخص ما تعلمته عن تأثير التغيرات في اتزان النظام، مستعملاً المعادلات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–1

الأهداف

- **تعدّد** خواص الاتزان الكيميائي.
- **تكتب** تعابير الاتزان للأنظمة المتزنة.
- **تحسب** ثوابت الاتزان من بيانات التركيز.

مراجعة المفردات

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

المفردات الجديدة

التفاعل العكسي

الاتزان الكيميائي

قانون الاتزان الكيميائي

ثابت الاتزان

الاتزان المتجانس

الاتزان غير المتجانس

حالة الاتزان الديناميكي
A State of Dynamic Balance

الفكرة الرئيسة **يوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان، الذي يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.**

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شد الحبل بين فريقين. قد يبدو في بعض الأحيان وكأن الفريقين لا يسحب كلًا منهما الآخر؛ لأن الحبل بينهما لا يتحرك. وفي الحقيقة أن كلا الفريقين يسحب الآخر، ولكن القوة المبذولة من كلا الفريقين متساوية ومتعاكسة، لذلك يكونان في حالة اتزان.

ما الاتزان؟ What is Equilibrium?

في كثير من الأحيان تصل التفاعلات الكيميائية إلى نقطة اتزان. إذا كنت قد أجريت التجربة الاستهلالية فستجد أنك وصلت إلى نقطة الاتزان من خلال نقل الماء من المخبار المدرج إلى الكأس، ومن الكأس إلى المخبار المدرج.

تأمل تفاعل تحضير غاز الأمونيا من غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين باستعمال طريقة هابر:

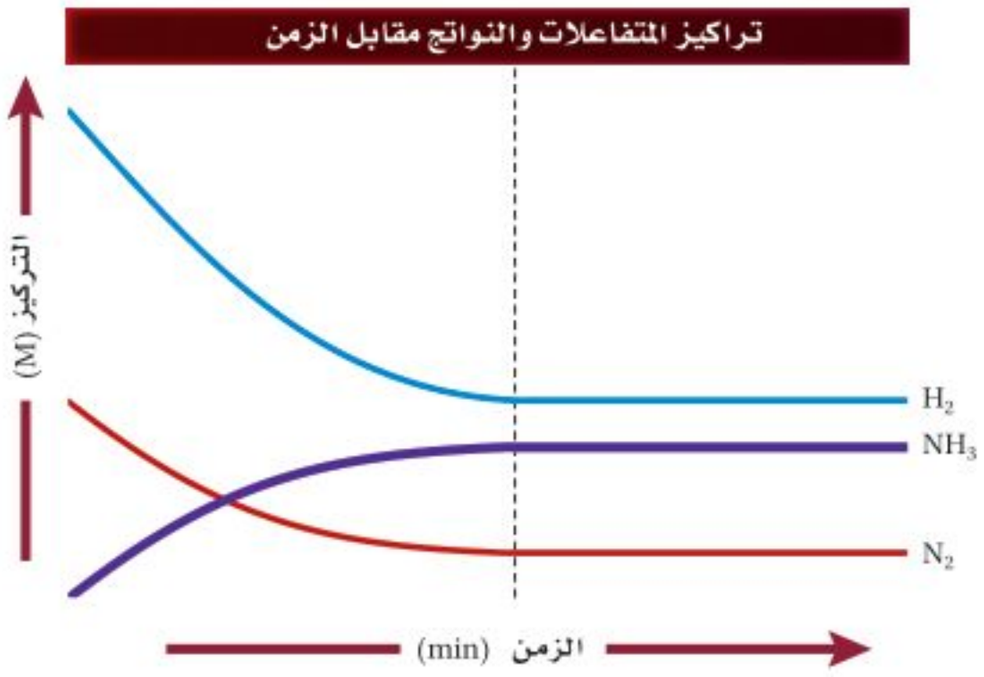
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

للأمونيا أهمية كبيرة في الزراعة؛ حيث تستعمل سمادًا ومادة إضافية في أطعمة الحيوانات. وفي الصناعة تمثل الأمونيا مادة خامًا في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها النايلون، كما يظهر في **الشكل 1-4**.

يحدث تفاعل تحضير الأمونيا تلقائيًا في الظروف القياسية (درجة حرارة 298 K، وضغط جوي 1atm)، ولكن التفاعلات التلقائية ليست دائمًا سريعة. فعند إجراء هذا التفاعل في الظروف القياسية تتكون الأمونيا ببطء شديد. ولإنتاج الأمونيا بسرعة عملية يجب إجراء التفاعل في درجات حرارة أعلى وضغط أكبر.

الشكل 1-4 تتفاعل الأمونيا مع نهايتي جزيء مكون من 6 ذرات كربون، لتكون 1، 6 – ثنائي أمينوهكسان. تمثل هذه إحدى خطوات تكوّن بوليمر النايلون. وتُظهر الصورة لف ألياف النايلون على ملفات حيث تستعمل في صناعة الإطارات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 2-4 يتناقص تركيز المواد المتفاعلة H_2 ، N_2 في البداية، في حين يزداد تركيز الناتج NH_3، بحيث لا تستهلك المتفاعلات تمامًا وتصبح تراكيز جميع المواد ثابتة.

اختبار الرسم البياني

وضح كيف يبين الرسم البياني أنّ تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تصبح ثابتة.

ماذا يحدث عندما يوضع 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين في وعاء مغلق للتفاعل عند درجة حرارة 723 K ؟ سوف يتفاعل النيتروجين والهيدروجين تلقائيًّا.

يوضح **الشكل** 2-4 سير التفاعل. لاحظ أن تركيز الأمونيا NH_3 الناتجة يساوي صفرًا في البداية، ويزداد مع الوقت، وأن المتفاعلات N_2 وH_2 تستهلك في أثناء التفاعل، لذلك يقل تركيزها تدريجيًّا. وبعد مرور فترة من الزمن لا تتغير تراكيز NH_3 وN_2 وH_2 (أي تصبح جميع التراكيز ثابتة) كما هو موضح في الخطوط الأفقية في الجانب الأيمن من الرسم البياني. لاحظ أنّ تراكيز H_2 و N_2 لا تساوي صفرًا، وهذا يعني أنه لم يتم تحويل كامل المتفاعلات إلى نواتج.

اختبار الرسم البياني صف ميل منحنى كل من الهيدروجين والنيتروجين والأمونيا في الطرف الأيسر من الرسم البياني. كيف يختلف ميل كل منحنى في الطرف الأيسر عن ميله في الطرف الأيمن من الرسم؟

التفاعلات العكسية والاتزان الكيميائي عندما تتحول المتفاعلات كاملة إلى نواتج يصف العلماء التفاعل بأنه مكتمل. إلا أنّ معظم التفاعلات لا تكتمل، بل تظهر وكأنها توقفت. **التفاعل العكسي** هو التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الاتجاهين الأمامي والعكسي.

الأمامي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

العكسي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftarrow 2NH_{3(g)}$

يدمج الكيميائيون المعادلتين في معادلة واحدة يستعمل فيها السهم الثنائي ليشير إلى اتجاهي التفاعلين الحادثين. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

تكون المتفاعلات للتفاعل الأمامي في الجهة اليسرى من الأسهم، في حين تكون المتفاعلات للتفاعل العكسي في الجهة اليمنى من الأسهم. في التفاعل الأمامي يتحد النيتروجين والهيدروجين لتكوين الأمونيا. أما في التفاعل العكسي فتتحلل الأمونيا لتكوِّن كلًّا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين .

المفردات

المفردات الأكاديمية

تحويل Convert

هو التغيرُّ من شكل أو وظيفة إلى أخرى.

حولت الغرفة الزائدة في منزلنا إلى مكتب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف يؤثر التفاعل العكسي في إنتاج الأمونيا؟ يوضح **الشكل** 3a–4 بدء تفاعل مزيج من الهيدروجين والنيتروجين بسرعة أولية محددة. ولا توجد أي كمية ناتجة من الأمونيا، وهذا يعني أنّ ما يحدث هو التفاعل الأمامي فقط.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

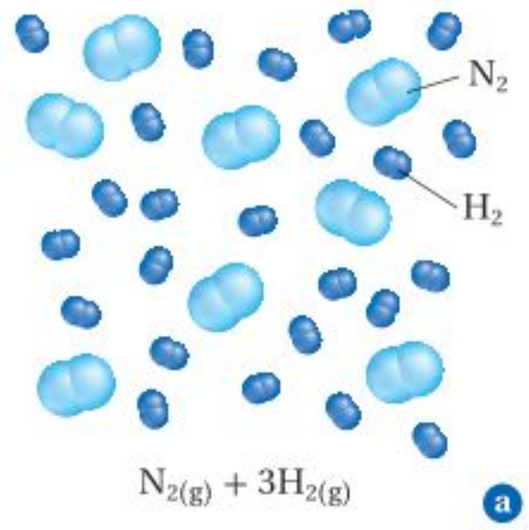
يقل تركيز كل من الهيدروجين والنيتروجين في أثناء اتحادهما لتكوين الأمونيا، كما هو موضح في **الشكل** 3b–4. وتذكر مما درست سابقًا أن سرعة التفاعل الكيميائي تعتمد على تراكيز المتفاعلات؛ إذ يسبِّب نقص تراكيز المتفاعلات إبطاء سرعة التفاعل الأمامي. وفي هذا التفاعل، بمجرد أن تنتج الأمونيا يحدث التفاعل العكسي ببطء، ثم تزداد سرعته مع زيادة تركيزها.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftarrow 2NH_{3(g)}$$

وفي أثناء سير التفاعل تستمر سرعة التفاعل الأمامي في النقصان، وتستمر سرعة التفاعل العكسي في الزيادة حتى تتساوى السرعتان. عند هذه النقطة تتكون الأمونيا بالسرعة نفسها التي تتحلل بها، لذلك تبقى تراكيز N_2 وH_2 وNH_3 ثابتة كما هو موضح في **الشكلين** 3c–4 و3d–4، ويكون النظام عندها قد وصل إلى حالة الاتزان.

ولذا يعرف **الاتزان الكيميائي** بأنه حالة النظام عندما تتساوى سرعتا التفاعل الأمامي والعكسي، وعندها تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل العكسي



الشكل 3-4 توضح الرسوم من a إلى d سير التفاعل لتكوين الأمونيا من الهيدروجين والنيتروجين.

استنتج

ادرس الأشكال وأجب عن الأسئلة الآتية:

a: **كيف تعلم أن التفاعل لم يبدأ بعد؟**

b: **ما الدليل الذي يشير إلى بداية التفاعل العكسي؟ قارن الشكلين** c **و** d**، كيف تعلم أن النظام وصل إلى حالة الاتزان؟**

يمكنك معرفة أن تفاعل تكوّن الأمونيا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؛ لأن معادلته كتبت بسهم مزدوج كما يأتي:

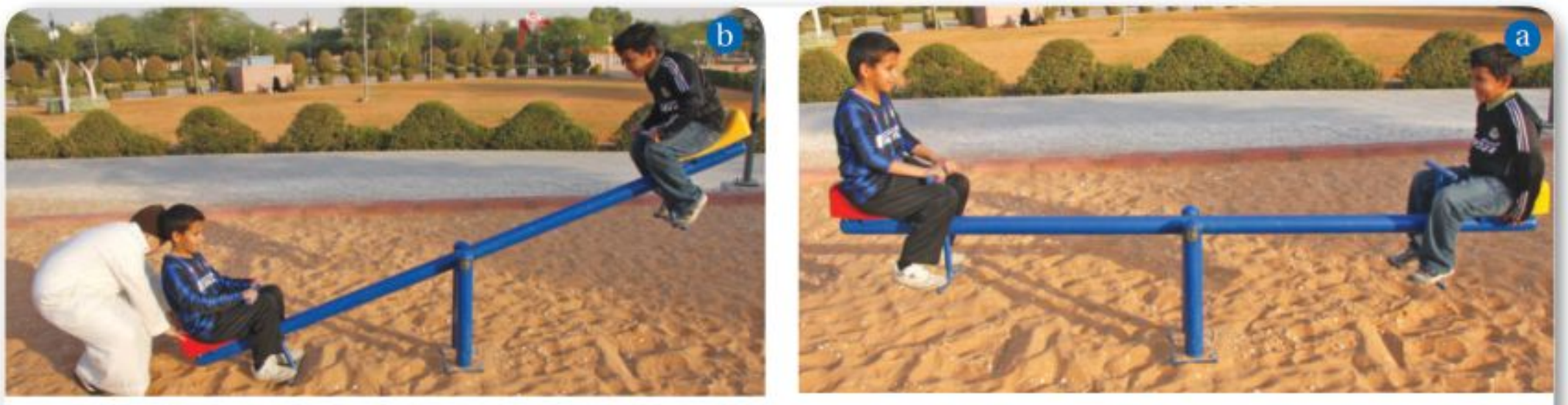
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عند الاتزان تكـــون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة، كما يظهر في **الشـــكلين** 3c–4 و4–3d لكـــن هذا لا يعني أن كميات أو تراكيز المتفاعلات والنواتج متســـاوية؛ فهذه الحالة نادرة الحدوث، بل تكون سرعة تكون النواتج مساوية لسرعة تكون المتفاعلات.

ماذا قرأت؟ **فسر** معنى السهم المزدوج في المعادلات الكيميائية.

الطبيعة الديناميكية للاتزان

يمثل كل من الدفع أو الســـحب المؤثر في جســـم ما قوةً؛ فأنت تبـــذل قوة عندما تدفع الباب أو تســـحب مقعدك من مكانه. إذا أثرت قوتان أو أكثر في جسم وفي الاتجاه نفسه فإن محصلة هذه القوى تساوي مجموعها. أما إذا كانت القوى المؤثرة في الجسم متعاكسة في الاتجاه فإن القوة المحصلة تســـاوي الفرق بينها، ويكون اتجاه القوة المحصلة في اتجاه القوة الكبرى. لهذا في لعبة شـــد الحبل عندما يســـحب الفريقان الحبل بقوى متساوية تكون محصلة القوى صفـــرًا، فلا يتحرك الحبل، ويُوصف النظـــام بأنه في حالة اتزان. وبالمثل، في **الشكل** 4a–4 فالأشـــخاص الذين يلعبون لعبة التوازن (السيسو) يمثلون نظامًا متزنًا؛ إذ تســـمى القوى المتماثلة والمتعاكســـة على لعبة التوازن (السيسو) القوى المتوازنـــةَ، أما إذا كانـــت واحدة من هذه القوى أكبر من الأخـــرى فإن القوة المحصلة تكون أكبر من صفر وتســـمى القوى غير المتوازنة. وتسبب القوى غير المتوازنة تسارع الجسم، كما يحدث في **الشكل** 4b–4.



الشكل 4-4

a: تكون جميع القوى في توازن لذلك لا يتحرك موقع لعبة التوازن (السيسو).

b: تتسبب القوى غير المتوازنة في الجهة اليسرى في تغير موقع لعبة التوازن (السيسو).

وضح كيف تشبه لعبة التوازن (السيسو) الاتزان الكيميائي؟

الشكل 5-4 افترض أن عددًا معينًا من الأشخاص محصورون في مبنيين متصلين بممر يسمح للناس بالعبور ذهابًا وإيابًا بينهما. إن عدد الأشخاص في كل مبنى يبقى ثابتًا إذا كان عدد الأشخاص الذين يعبرون الممر في أحد الاتجاهين مساويًا لعدد الأشخاص الذين يعبرون في الاتجاه المعاكس.

حدد هل يكون الأشخاص أنفسهم موجودين دائمًا في المبنى نفسه؟ كيف تطبق إجابتك على الاتزان الكيميائي؟

يمكن تشبيه ما ورد في **الشكل** 5-4 بالطبيعة الديناميكية للاتزان الكيميائي عند وضع كميات متساوية من بلورات اليود في دورقين متصلين، كما هو موضح في **الشكل** 6a - 4. يحتوي الدورق في الجهة اليسرى على جزيئات يود من النظير غير المشع I-127، ويحتوي الدورق في الجهة اليمنى على جزيئات يود من النظير المشع I-131 . تبين عدادات الإشعاع الفرق في مستويات الإشعاع في كل دورق.

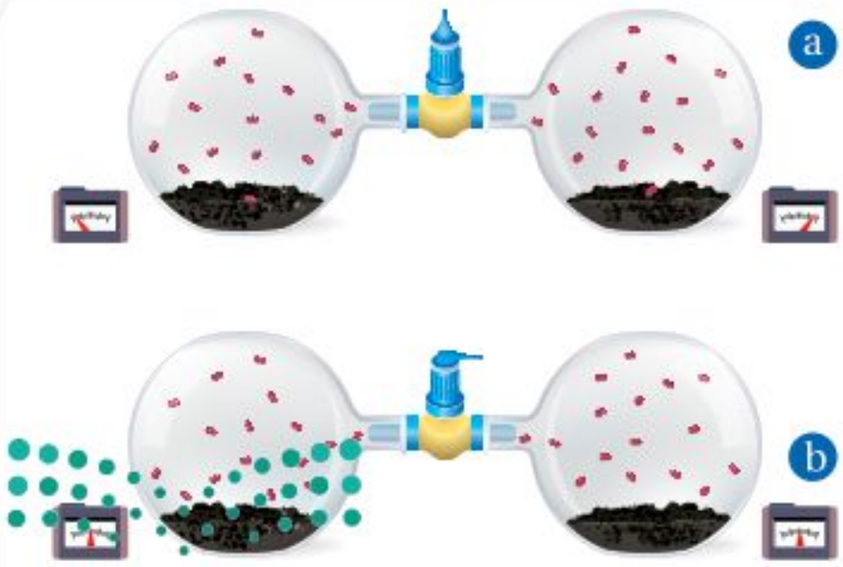
إذ يمثل كل دورق نظامًا مغلقًا، لذا لا يمكن لأي من المتفاعلات أو النواتج أن تدخل أو تخرج من الدورق. فعند درجة حرارة 298 K وضغط 1 atm يحدث الاتزان في كلا الدورقين.

$$I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$$

في التفاعل الأمامي الذي يسمى التسامي، تتغير جزيئات اليود من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. وفي التفاعل العكسي تعود جزيئات اليود الغازية إلى الحالة الصلبة. أي يتكون اتزان صلب-غاز في كل دورق.

عندما يتم فتح المحبس في الأنبوب الذي يصل الدورقين، كما هو موضح في **الشكل** 6b-4، ينتقل بخار اليود بين الدورقين. وبعد فترة من الزمن تشير قراءات عدادات الإشعاع إلى وجود عدد من جزيئات اليود المشع I-131 في الدورق في الجهة اليسرى، كما في الدورق في الجهة اليمنى في الحالتين الصلبة والغازية.

توحي الأدلة بأن جزيئات اليود تتغير بشكل مستمر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية بحسب التفاعل الأمامي. وأن جزيئات اليود الغازية تتغير إلى الحالة الصلبة وفقًا للتفاعل العكسي. وتشير قراءات عدادات الإشعاع إلى أن الاتزان قد تحقق في الحجم الكلي في الدورقين.



في الشكل 6-4 a. تفصل جزيئات اليود المشع في الدورق الأيمن عن جزيئات اليود غير المشع في الدورق الأيسر. لاحظ قراءات عدادات الإشعاع.

b. بعد فتح المحبس فترة من الزمن توضح قراءات عدادات الإشعاع وجود جزيئات مشعة في كلا الدورقين. لقد تحركت الجسيمات ذهابًا وإيابًا بين الدورقين وبين الحالتين الصلبة والغازية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تعابير الاتزان Equilibrium Expressions

لبعض الأنظمة الكيميائية ميل قليل للتفاعل، في حين تستمر أنظمة أخرى في التفاعل حتى تكتمل. وتصل معظم التفاعلات إلى حالة الاتزان مع وجود بعض المتفاعلات غير مستهلكة. عندما لا تستهلك المتفاعلات تمامًا تكون كمية النواتج أقل من المتوقع بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة. وبالنظر إلى معادلة تحضير الأمونيا نجد أنه يتكون 2 mol من الأمونيا عند تفاعل 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين. ولأن هذا التفاعل يصل إلى حالة اتزان فإننا نحصل على أقل من 2 mol من الأمونيا.

قانون الاتزان الكيميائي قدم وطور الكيميائيان النرويجيان كاتو ماكسمليان جولدبرج Guldberg وبيتر ويج Waage في عام 1864م **قانون الاتزان الكيميائي** الذي ينص على أنه عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل إلى حالة تصبح فيها نسب تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة. وتكون معادلة التفاعل العامة للتفاعل الذي في حالة اتزان كما يأتي:

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

إذا تم تطبيق قانون الاتزان الكيميائي على المعادلة نحصل على النسبة الآتية:

تعبير ثابت الاتزان

تمثل [A] و[B] التراكيز المولارية للمتفاعلات

[C] و[D] التراكيز المولارية للنواتج

تمثل الأسس a و b و c و d معاملات المعادلة الموزونة

$$K_{eq} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

يمثل ثابت الاتزان نسبة التراكيز المولارية للنواتج إلى التراكيز المولارية للمتفاعلات. ويُرفع كل تركيز إلى أس يساوي المعامل الخاص به في المعادلة الموزونة.

ثابت الاتزان K_{eq} هو القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تراكيز النواتج على حاصل ضرب تراكيز المتفاعلات، ويُرفع كل تركيز إلى أس مساوٍ للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة. وتكون قيمة K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة فقط.

كيف يمكن تفسير قيمة ثابت الاتزان؟ تعلم أن قيمة الكسر الذي بسطه أكبرُ من مقامه تكون أكبر من 1. وتكون قيمة الكسر الذي بسطه أقل من مقامه أقلَّ من 1. على سبيل المثال، قارن بين الكسرين $\frac{5}{1}$ و $\frac{1}{5}$. فالخمسة أكبر من الخُمس. ولأن تراكيز النواتج توجد في بسط معادلة ثابت الاتزان فإن التفاعل يكون محتويًا على نواتج أكثر من المتفاعلات إذا كانت القيمة العددية للثابت K_{eq} كبيرة، وبالمثل تكون المواد المتفاعلة أكثر من النواتج عندما تكون القيمة العددية للثابت K_{eq} صغيرة.

$K_{eq} > 1$، تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيز المواد المتفاعلة عند الاتزان.

$K_{eq} < 1$، تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من تراكيز المواد الناتجة عند الاتزان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تعابير الاتزان المتجانس ينتج غـاز يوديد الهيدروجين عـن تفاعل الاتزان لغاز الهيدروجين مع اليود. لليود ومركباته اسـتعمالات مهمة في الطب، كما هو موضح في **الشكل 7-4**. كيف يمكنك كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التفاعل؟

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

هـذا تفاعل **اتزان متجانس**، وهـذا يعني أن المتفاعلات والنواتـج موجودة في الحالة الفيزيائية نفسها؛ فكل المواد المشاركة في هذا التفاعل في الحالة الغازية.

أولاً ضع تراكيز النواتج في البسط وتراكيز المتفاعلات في المقام.

$$\frac{[HI]}{[H_2][I_2]}$$

يصبح هذا التعبير مساويًا لثابت الاتزان K_{eq}، عندما نضيف المعاملات بوصفها أسسًا من المعادلة الكيميائية الموزونة

$$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

ثابت الاتزان لهذا التفاعل يسـاوي 49.7 عنـد درجة حرارة 731 K. لاحظ أن 49.7 ليست لها وحدة. من المعتاد حذف الوحدات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان.

الشـكل 7-4 بسـبب خـواصّ اليود المضادة للجراثيم، يسـتعمل محلول اليود ومركباته مطهراتٍ خارجيـة. كمـا تدخـل بعض مركبـات يوديد البوتاسـيوم KI فـي الأدوية التـي تعالج تضخـم الغدة الدرقية.

مثال 1-4

تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات المتجانسة تنتج ملايين الأطنان من الأمونيا NH_3 لاستعمالها في صناعة الأسمدة والألياف الصناعية. ويمكن أن تستعمل الأمونيا منظفًا منزليًّا؛ فهي مفيدة جدًّا في تنظيف الزجاج. وتصنع الأمونيا من عناصرها الهيدروجين والنيتروجين باستعمال طريقة هابر. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل الآتي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

1 تحليل المسألة

توفر معادلة التفاعل المعلومات المطلوبة لكتابة تعبير ثابت الاتزان. وهذا الاتزان متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها.

المعطيات

$[A] = [N_2]$، معامل $N_2 = 1$

$[B] = [H_2]$، معامل $H_2 = 3$

$[C] = [NH_3]$، معامل $NH_3 = 2$

المطلوب

$K_{eq} = ?$

2 حساب المطلوب

عوض $A = N_2$، $B = H_2$، $C = NH_3$

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^c}{[N_2]^a[H_2]^b}$$

عوض $a = 1$، $b = 3$، $c = 2$

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

3 تقويم الإجابة

تراكيز النواتج في البسط وتراكيز المتفاعلات في المقام. ترفع التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها.

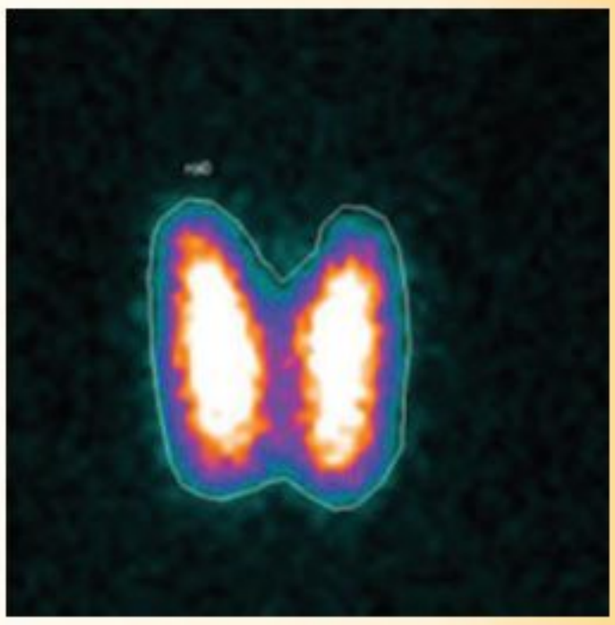
مسائل تدريبية

1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:
   a. $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$
   b. $2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + S_{2(g)}$
   c. $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$
   d. $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$
   e. $CH_{4(g)} + 2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons CS_{2(g)} + 4H_{2(g)}$
2. **تحفيز** اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان الآتي:

$$K_{eq} = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

الكيمياء في واقع الحياة

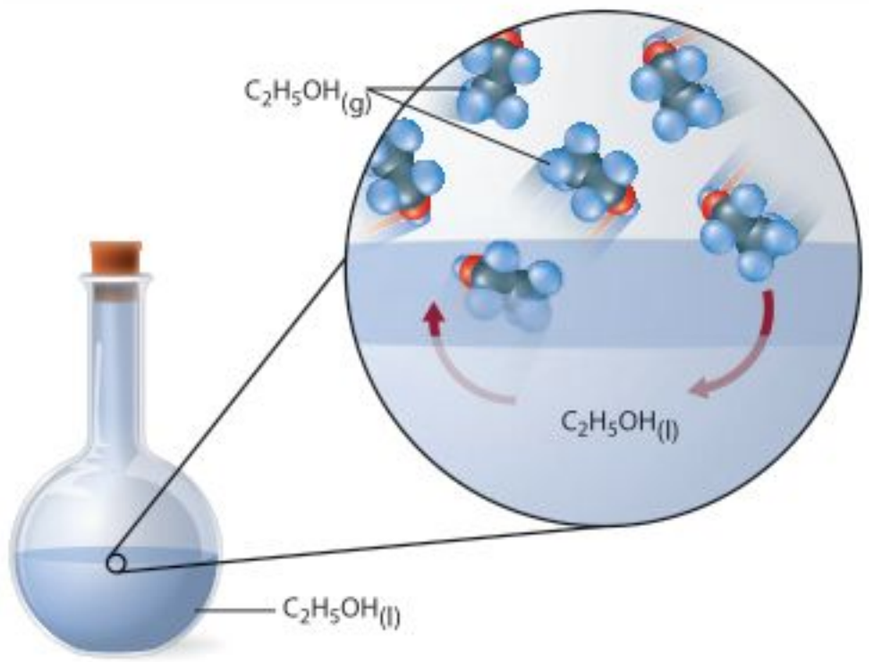
صحة الغدة الدرقية



الطب النووي تمتص الغدة الدرقية نظير اليود المشع I–131، الذي يستعمل في الطب لتشخيص وعلاج أمراض الغدة الدرقية. فعندما يتناوله المريض تعمل إشعاعات اليود على إعطاء صورة للغدة تكشف عن أي قصور.

تُظهر الصورة أعلاه الغدة الدرقية لمريض يعاني من مرض تضخم الغدة، وهو مرض يمكن علاجه، وسببه فرط نشاط الغدة الدرقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 8-4 عند الاتزان، تكون سرعة تبخر الإيثانول C_2H_5OH مساويةً لسرعة التكثّف. يسمى هذا الاتزان المكون بين حالتين فيزيائيتين للمادة الاتزانَ غير المتجانس. تعتمد قيمة K_{eq} على $[C_2H_5OH_{(g)}]$ فقط.

تعابير الاتزان غير المتجانس لقد تعلمت كتابة تعابير ثابت الاتزان K_{eq} للاتزان المتجانس؛ إذ تكون المتفاعلات والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها. أما عندما توجد المتفاعلات و النواتج في أكثر من حالة فيزيائية واحدة فيسمى **الاتزانَ غير المتجانس**. فمثلاً إذا وضعت كمية من الإيثانول في دورق مغلق فإنه بعد فترة من الزمن يحدث اتزان غاز – سائل، كما هو موضح في **الشكل 8-4**

$$C_2H_5OH_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5OH_{(g)}$$

لكتابة تعبير ثابت الاتزان لهذه العملية، يجب أن تكتب نسبة تركيز المادة الناتجة إلى تركيز المادة المتفاعلة. وفي درجة حرارة معينة تكون قيمة النسبة ثابتة K.

$$K = \frac{[C_2H_5OH_{(g)}]}{[C_2H_5OH_{(l)}]}$$

لاحظ أن المقام في القانون يمثل الإيثانول السائل؛ وهو مادة نقية، لذلك فإن تركيزه هو كثافته معبر عنها بوحدة mol/L. تذكر أن الكثافة ثابتة عند درجة حرارة ثابتة، لذلك مهما كانت كمية الإيثانول السائل $C_2H_5OH_{(l)}$ صغيرة أو كبيرة فإن تركيزه يبقى ثابتًا. لذلك فإن القيمة الموجودة في المقام ثابتة، ويمكن دمجها مع K لتعطي K_{eq}.

$$K[C_2H_5OH_{(l)}] = [C_2H_5OH_{(g)}] = K_{eq}$$

ويمكن كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التغيير في الحالة الفيزيائية للإيثانول على النحو الآتي: $K_{eq} = [C_2H_5OH_{(g)}]$

المواد الصلبة مواد نقية بتراكيز ثابتة، لذلك يمكن تبسيط الاتزان الذي يحتوي مواد صلبة بالطريقة نفسها. تذكر تجربة تسامي جزيئات اليود في **الشكل 6-4**.

$$I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$$
$$K_{eq} = [I_{2(g)}]$$

يعتمد ثابت الاتزان K_{eq} على تركيز غاز اليود في النظام فقط.

مهن في الكيمياء

كاتب علمي لنقل المعلومات العلمية للقارئ غير العلمي، يجب أن يكون لدى الكاتب خلفية علمية واسعة وقدرة على الكتابة بشكل مفهوم وواضح ودقيق. يجعل الكاتب العلمي المواضيع المعقدة – مثل الاتزان الكيميائي – في متناول قراء ليس لديهم أي معلومات عن الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 9-4 تمتص كربونات الصوديوم الهيدروجينية (صودا الخبز) الروائح وتنعش الهواء داخل الثلاجة. وهي أيضًا من المكونات الرئيسة في بعض معاجين الأسنان.

مثال 2-4

تعابير ثابت الاتزان غير المتجانس تستعمل صودا الخَبز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) في الخبز، ومضادًّا للحموضة، وفي التنظيف، كما أنّها توضع في أوعية مفتوحة في الثلاجات لإبقاء الجو منعشًا، كما هو موضح في **الشكل 9-4**. اكتب تعبير ثابت الاتزان لتحلل صودا الخبز.

$$2NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

1 تحليل المسألة

هذا الاتزان غير المتجانس يحتوي على غازات ومواد صلبة، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان.

المعطيات

$[C] = [Na_2CO_3]$ ، معاملها $= 1$

$[D] = [CO_2]$ ، معاملها $= 1$

$[E] = [H_2O]$ ، معاملها $= 1$

$[A] = [NaHCO_3]$ ، معاملها $= 2$

المطلوب

تعبير ثابت الاتزان $= ؟$

2 حساب المطلوب

كوّن نسبة تراكيز النواتج إلى تراكيز المتفاعلات.

ضع التعبير العام لثابت الاتزان

$$K_{eq} = \frac{[C]^c[D]^d[E]^e}{[A]^a[B]^b}$$

عوض $A = NaHCO_3$ $D = CO_2$

$C = Na_2CO_3$ $E = H_2O$

$$K_{eq} = \frac{[Na_2CO_3]^c[CO_2]^d[H_2O]^e}{[NaHCO_3]^a}$$

عوض $a = 2$، $c = 1$، $d = 1$، $e = 1$

$$K_{eq} = \frac{[Na_2CO_3]^1[CO_2]^1[H_2O]^1}{[NaHCO_3]^2}$$

قم بإزالة المواد الصلبة

$$K_{eq} = [CO_2][H_2O]$$

3 تقويم الإجابة

يطبق تعبير ثابت الاتزان قوانين الاتزان الكيميائي بصورة صحيحة على المعادلة.

مسائل تدريبية

3. اكتب تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس لكل مما يلي:

a. $C_{10}H_{8(s)} \rightleftharpoons C_{10}H_{8(g)}$

b. $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

c. $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

d. $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

e. $FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

4. تحفيز يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد III $FeCl_3$. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ثوابت الاتزان Equilibrium Constants

تبقى قيمة K_{eq} ثابتة لتفاعل معين عند درجة حرارة معينة، بغض النظر عن التراكيز الابتدائية للنواتج والمتفاعلات. لفحص هذه النظرية تم تنفيذ ثلاث تجارب للتفاعل:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

ويلخص **الجدول 1-4** نتائج تلك التجارب. في المحاولة الأولى وضع 1.0000 mol من H_2 و2.0000 mol من I_2 في وعاء حجمه 1.0000 L وليس هناك أي كمية من HI في بداية المحاولة 1. في بداية المحاولة 2 فقط كان HI موجودًا. أما في المحاولة 3 فكان لكل مادة من المواد الثلاث التركيز الابتدائي نفسه. وقد أجريت التفاعلات جميعها في درجة حرارة 731 K.

تراكيز الاتزان تم تحديد تركيز كل مادة تجريبيًّا عند الاتزان. لاحظ أن تراكيز الاتزان في التجارب الثلاث ليست متساوية. لكن عند التعويض بتراكيز المواد عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان تم الحصول على قيمة K_{eq} نفسها في المحاولات الثلاث.

قيمة K_{eq} رغم أن نظام الاتزان له قيمة K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة، إلا أن له عددًا غير محدود من مواضع الاتزان، والتي تعتمد على التراكيز الابتدائية للمتفاعلات والنواتج.

تعني قيمة K_{eq} العالية في التفاعل $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ أن النواتج موجودة بكميات أكبر من المتفاعلات عند الاتزان. لاحظ أن قيمة ثابت الاتزان ثابتة في التجارب الثلاث، بحيث تعطي كل تجربة موضع اتزان مختلف. لكن في كثير من التفاعلات تكون قيمة K_{eq} صغيرة.

فعلى سبيل المثال ثابت الاتزان K_{eq} للتفاعل $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ يساوي 4.6×10^{-31} عند درجة حرارة 298 K. وتعني القيمة الصغيرة لـ K_{eq} أن كمية أكسيد النيتروجين NO الناتجة عمليًّا تكون شبه معدومة عند الاتزان.

خواصّ الاتزان لعلك لاحظت خواصّ معينة للتفاعلات الكيميائية التي تصل إلى حالة الاتزان .

أولاً: يجب أن يتم التفاعل في نظام مغلق، أي لا يخرج من النظام أو يدخله أي من النواتج أو المتفاعلات.

ثانيًا: يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة.

الجدول 1-4 **بيانات تجريبية لتفاعل يوديد الهيدروجين عند الاتزان**

	التراكيز الابتدائية			تراكيز الاتزان			K_{eq}
تجربة	$[H_2]$	$[I_2]$	$[HI]$	$[H_2]$	$[I_2]$	$[HI]$	$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$
1	1.0000	2.0000	0	0.06587	1.0659	1.8682	$49.70 = \frac{[1.8682]^2}{[0.06587][1.0659]}$
2	0	0	5.0000	0.5525	0.5525	3.8950	$49.70 = \frac{[3.8950]^2}{[0.5525][0.5525]}$
3	1.0000	1.0000	1.0000	0.2485	0.2485	1.7515	$49.70 = \frac{[1.7515]^2}{[0.2485][0.2485]}$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ثالثًـا: توجد النواتج والمتفاعـلات معًا، وهي في حركة ديناميكيـة ثابتة، وهذا يعني أن الاتزان ديناميكي، وليس ساكنًا.

ماذا قرأت؟ **فسر** لماذا يعد من المهم وجود المتفاعلات والنواتج معًا في الاتزان؟

مثال 3-4

قيمة ثابت الاتزان احسـب قيمة K_{eq} لتعبير ثابت الاتزان $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ إذا علمت أن تراكيز المواد في أحد مواضع الاتزان $[NH_3] = 0.933\ mol/L, [N_2] = 0.533\ mol/L, [H_2] = 1.600\ mol/l$

1 تحليل المسألة

لقدأعطيت تعبير ثابت الاتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج، يجب حساب ثابت الاتزان.

المعطيات

$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

$[N_2] = 0.533\ mol/L$

$[NH_3] = 0.933\ mol/L$

$[H_2] = 1.600\ mol/L$

المطلوب

$K_{eq} = ?$

2 حساب المطلوب

عوض $[NH_3] = 0.933 mol/L$

$[N_2] = 0.533 mol/L, [H_2] = 1.6 mol/L$

$K_{eq} = \frac{[0.933]^2}{[0.533][1.600]^3} = 0.399$

3 تقويم الإجابة

توجد القيمة الكبرى للتركيز في مقام المعادلة، وهي مرفوعة للأس (3)، لذا قيمة K_{eq} الناتجة أقل من 1 معقولة.

مسائل تدريبية

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ إذا علمت أنّ:

$[N_2O_4] = 0.0185\ mol/L, [NO_2] = 0.0627\ mol/L$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$. إذا علمت أنّ:

$[CO] = 0.0613\ mol/L,$

$[H_2] = 0.1839\ mol/L,$

$[CH_4] = 0.0387\ mol/L,$

$[H_2O] = 0.0387\ mol/L$

7. تحفيز يصل التفاعل $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K ، فإذا كان تركيز كل من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$؟ علمًا أنّ ثابت الاتزان K_{eq} عـند درجـة الحرارة نفسـهـا يساوي 8.2×10^{-2}.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 1-4

الخلاصة

- يكون التفاعل في حالة اتزان إذا كانت سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.
- يعبر عن حالة الاتزان بثابت الاتزان وهو نسبة حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة إلى حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة؛ حيث ترفع هذه التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.
- تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة .

8. الفكرة الرئيسة **فسر** كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq}؟

9. قارن بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.

10. عدِّد ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.

11. احسب قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي:

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

إذا علمت أنّ:

$$[PCl_5] = 0.135\ mol/L$$

$$[PCl_3] = 0.550\ mol/L$$

$$[Cl_2] = 0.550\ mol/L$$

12. فسر البيانات يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أي منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–2

الأهداف

- **تصف** العوامل المتعددة التي تؤثر في الاتزان الكيميائي.
- **تفسر** كيف يطبق مبدأ لوتشاتلييه على أنظمة في حالة اتزان.

مراجعة المفردات

سرعة التفاعل: التغير في تركيز متفاعل أو ناتج في وحدة الزمن. ويحسب عادةً بوحدة مول لكل لتر في الثانية.

المفردات الجديدة

مبدا لوتشاتلييه

العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

Factors Affecting Chemical Equilibrium

الفكرة الرئيسة **عندما تطرأ تغييرات على نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.**

الربط مع الحياة عندما يتساوى الطلب على منتج ما مع المعروض من هذا المنتج يبقى السعر ثابتًا. أما إذا زاد الطلب على المنتج فإن سعر المنتج سوف يزيد. ويصبح السعر ثابتًا مرة أخرى عندما يصل العرض والطلب إلى حالة اتزان. وهذا يشبه تصرف الأنظمة في حالة الاتزان.

مبدأ لوتشاتلييه Le Châtelier's Principle

افترض أن غازي الهيدروجين وأول أكسيد الكربون من النواتج الجانبية لعملية صناعية. وأن الكيميائيين في الشركة يعتقدون أنه يمكن دمج الغازين لإنتاج وقود الميثان CH_4. فعند وضع كل من غاز أول أكسيد الكربون CO وغاز الهيدروجين H_2 في وعاء مغلق عند درجة حراره 1200 K، يصل التفاعل الطارد للحرارة ($\Delta H = -206.5$ kJ) إلى حالة الاتزان.

$$\underset{0.30000\ M}{CO_{(g)}} + \underset{0.10000\ M}{3H_{2(g)}} \rightleftharpoons \underset{0.05900\ M}{CH_{4(g)}} + \underset{0.02000\ M}{H_2O_{(g)}} \quad \Delta H^\circ = -206.5\ kJ$$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.05900)(0.02000)}{(0.30000)(0.10000)^3} = 3.933$$

ولأن تركيز الميثان 0.0590 mol /L قليل جدًّا فإنه لا يمكن استعماله عمليًّا. فهل يمكن لعلماء الكيمياء التحكم في موضع الاتزان للحصول على كمية أكبر من الميثان؟ يشبه هذا عدّاءً يركض على آلة المشي، كما في **الشكل 10–4**، فإذا زادَ العداء سرعة الآلة فإن عليه زيادة سرعته للعودة إلى حالة الاتزان.

الشكل 10-4 يزيد العداء من سرعة آلة المشي تدريجيًّا. لذا عليه عند كل زيادة أن يزيد سرعة ركضه ليحقق اتزانه على الآلة مرة أخرى. وبشكل مماثل يمكن لعالم الكيمياء تغيير ظروف التفاعل عند الاتزان لزيادة كمية النواتج.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

في عام 1888م اكتشـــف العالم الفرنسي هنـــري لويس لوتشـــاتلييه Le chatielier أن هناك طرائق للتحكم في الاتزان لجعل التفاعل أكثر إنتاجًا. وقد طرح ما يسمى الآن **مبدأ لوتشاتلييه**: إذا بُذل جهد عـــلى نظام في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاهٍ يخفف أثر هذا الجهد. والجهد هو أي تغيير يؤثر في اتزان نظام معين.

تطبيق مبدأ لوتشاتلييه Applying Le Châtelier's Principle

كيف يمكن للكيميائي الصناعي تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة إنتاج الميثان؟ إنه يحتاج إلى تعديل أي من العوامل التي من شأنها أن تؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو النواتج في التفاعل.

التغير في التركيز يؤثر تغيير تراكيز النواتـــج أو المتفاعلات في الاتزان؛ إذ تنص نظرية التصادم على أن الجسيمات يجب أن تتصادم حتى تتفاعل، وأنّ عدد التصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة يعتمد على تركيزها. إذن من الممكن أن يغير الكيميائي الاتزان بتغيير التراكيز.

إضافة مواد متفاعلة إذا أضيفت كمية من أول أكسيد الكربون إلى وعاء التفاعل وزادت تركيزه من 0.300 M إلى 1.00 M، فسيؤدي ذلك إلى زيادة عدد التصادمات الفعالة بين جزيئات غاز أول أكســـيد الكربون CO وجزيئات غاز الهيدروجين H_2، ويؤثر ذلك في اتزان التفاعل؛ إذ تزيد سرعة التفاعل الأمامي، كما هو موضح من السهم الأطول الذي يشير نحو اليمين في معادلة التفاعل .

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

مـــع الوقت، تقل سرعة التفاعل الأمامي مع انخفاض تركيز كل من CO و H_2، وفي الوقت نفســـه تزداد سرعة التفاعل العكسي، مع إنتاج المزيد من CH_4 و H_2O حتى يصل التفاعل إلى موضع اتزان جديد (موضع 2).

$$\underset{0.99254\ M}{CO_{(g)}} + \underset{0.07762\ M}{3H_{2(g)}} \rightleftharpoons \underset{0.06648\ M}{CH_{4(g)}} + \underset{0.02746\ M}{H_2O_{(g)}}$$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.06648)(0.02746)}{(0.99254)(0.07762)^3} = 3.933$$

لاحـــظ أن قيمة K_{eq} لا تتغير، وأن موضع الاتزان الجديد قد حقق النتائج المرجوة، حيث زاد تركيز الميثان. ويبين **الجدول 2-4** ملخصًا لنتائج هذه التجربة.

هل كان يمكنك توقع هذه النتيجة باســـتعمال مبدأ لوتشـــاتلييه؟ نعم، يعتبر مبدأ لوتشاتلييه زيادة تركيز CO جهدًا مبذولاً على الاتزان، فيســـتجيب نظام الاتزان لهذا الجهد باســـتهلاك CO بسرعة أكبر. وتســـمى هذه الاســـتجابة إزاحةً نحو اليمين، وإنتاج المزيد من CH_4 و H_2O. لذا تؤدي أي زيادة في تركيز أي من المتفاعلات إلى الإزاحة نحو اليمين وزيادة النواتج.

الجدول 2-4 عند الاتزان للتفاعل $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$

موضع الاتزان	$[CO]_{eq}$ (M)	$[H_2]_{eq}$ (M)	$[CH_4]_{eq}$ (M)	$[H_2O]_{eq}$ (M)	K_{eq}
1	0.30000	0.10000	0.05900	0.02000	3.933
2	0.99254	0.07762	0.06648	0.02746	3.933

المطويات

أضف معلومات من هذا القسم إلى مطويتك.

تجربة عملية

التفاعلات الانعكاسية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 11-4 يعرف التاجر المواد الموجودة في متجره كل حين، ولذلك عندما يقل المخزون فإنه يعوّضه.

فسر هذا التشبيه في ضوء مبدأ لوتشاتلييه.

إزالة النواتج افترض أنه بدل زيادة أي من المتفاعلات قرر الكيميائي إزالة الماء H_2O الناتج عن التفاعل بإضافة مجفف– مادة تمتص الماء – إلى وعاء التفاعل. وفق مبدأ لوتشاتلييه ماذا يمكن أن يحدث للاتزان استجابة لنقصان تركيز الماء؟ سوف تتم إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يزيد من تركيز الماء مرة أخرى. وهذا يعني إزاحة الاتزان نحو اليمين وتكوين المزيد من النواتج.

فكر كيف تبقى رفوف المتاجر مملوءة بالمنتجات، كما في **الشكل 11-4**. عندما يشتري الزبائن المواد فإن أحد الموظفين يعوض تناقص المنتجات على الرفوف. وبشكل مشابه يعيد تفاعل الاتزان الماء الذي تمت إزالته؛ حيث يزيد إنتاج الماء لتعويض النقص. في أي نظام متزن تؤدي إزالة أي كمية من أي من النواتج إلى إزاحة الاتزان نحو الجهة اليمنى، وإنتاج المزيد من النواتج.

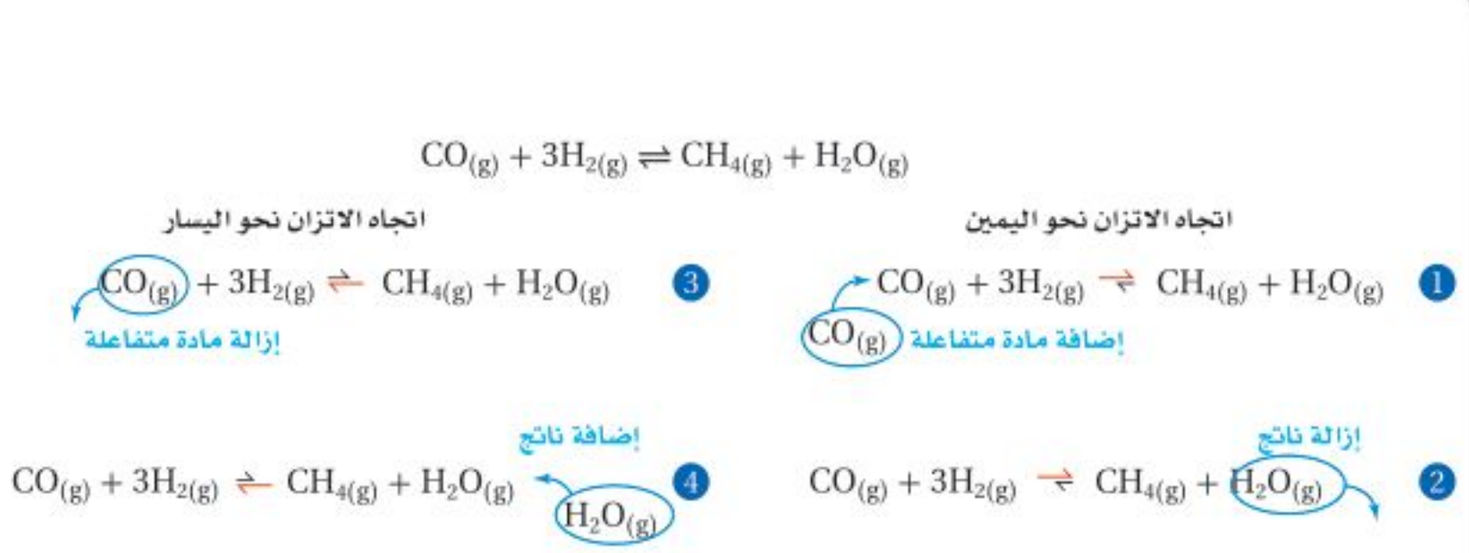
إضافة النواتج يمكن أيضًا إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار في اتجاه المتفاعلات؛ إذ يتوقع مبدأ لوتشاتلييه أنه إذا تمت إضافة أحد النواتج إلى تفاعل في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليسار، ومن ثم تخفيف الجهد بتحويل النواتج إلى متفاعلات. كما أنه إذا تم إزالة أحد المتفاعلات فسوف يحدث إزاحة مشابهة نحو اليسار. لتتوقع أثر جهد ما على الاتزان باستعمال مبدأ لوتشاتلييه، ارجع إلى معادلة التفاعل. يلخص **الشكل 12-4** تأثير تغيير التراكيز في الاتزان.

ماذا قرأت؟ **صف** اتجاه الاتزان عند إزالة مادة متفاعلة.

التغير في الحجم والضغط انظر إلى تفاعل تكوين الميثان الموضح بالمعادلة الكيميائية:

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

هل يمكن دفع التفاعل لتكوين المزيد من الميثان عن طريق تغير حجم وعاء التفاعل؟ افترض أن حجم الوعاء يمكن تغييره عن طريق مكبس، كما هو موضح في **الشكل 13-4**، إذا تم تحريك المكبس إلى أسفل يقل حجم الوعاء. حيث إن تقليل الحجم عند درجة حرارة ثابتة يزيد الضغط. إذن يمثل هذا الضغط الزائد جهدًا مبذولاً على التفاعل المتزن. كيف يستجيب الاتزان لهذا التغير في الضغط؟ وكيف يخفف من هذا التغير؟



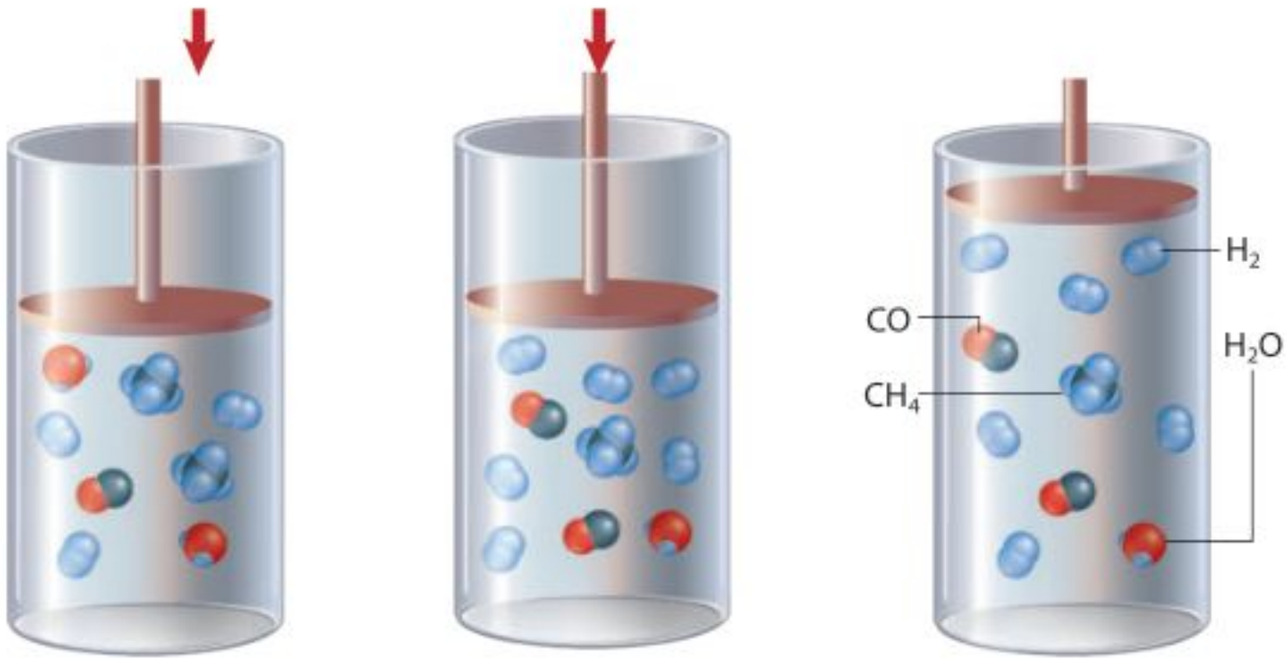
الشكل 12-4 تعمل إضافة أو إزالة إحدى النواتج أو إحدى المتفاعلات على إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يخفف الجهد. لاحظ الأسهم غير المتساوية التي تدل على اتجاه الإزاحة.

صف كيف يتم إزاحة الاتزان إذا أضيفت كمية من H_2 أو أزيلت كمية من CH_4.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 13-4 في التفاعل بين CO و H_2 عند درجة حرارة ثابتة، فإن تغيير حجم الوعاء يغير تراكيز الغازات المتفاعلة والناتجة، كما تؤدي زيادة الضغط إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، ومن ثم زيادة كمية النواتج.

قارن بين عدد جزيئات الناتج في الصورة اليمنى وعددها في الجهة اليسرى.



التفاعل بين CO و H_2 في حالة اتزان

ضغط المكبس إلى أسفل يقلل حجم الوعاء ويزيد الضغط.

يتكون المزيد من جزيئات النواتج نتيجة اختلاف حجم الوعاء والضغط، مما يخفف من الجهد على النظام.

تجربة عملية

الاتزان

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

يعتمد الضغط المبذول بواسطة الغاز المثالي على عدد جسيمات الغاز التي تتصادم مع جدران الوعاء. كلما زاد عدد جسيمات الغاز في الوعاء ازداد الضغط. كما أنه إذا زاد عدد جسيمات الغاز في درجة حرارة ثابتة زاد ضغط الغاز، وإذا قل عدد جسيمات الغاز قل الضغط. كيف تطبق العلاقة بين عدد جسيمات الغاز والضغط على تفاعل تكوين غاز الميثان؟

عدد مولات المتفاعلات مقابل عدد مولات النواتج قارن بين عدد مولات المتفاعلات الغازية في المعادلة بعدد مولات النواتج الغازية. يتم استهلاك أربعة مولات من المتفاعلات الغازية لتكوين مولين من النواتج الغازية؛ حيث يقل العدد الكلي مولين. إذا طبقت مبدأ لوتشاتلييه أمكنك ملاحظة أن الاتزان يخفف الجهد الواقع عليه من زيادة الضغط في الاتجاه نحو اليمين حيث عدد المولات الأقل. يوضح **الشكل 13-4** أن هذه الإزاحة تقلل عدد المولات الكلي للغاز، لذا يقل الضغط داخل وعاء التفاعل. رغم أن الإزاحة نحو اليمين لا تقلل الضغط إلى قيمته الأصلية، إلا أنها تعطي التأثير المطلوب، وهو تكوُّن المزيد من الميثان. يؤدي تغيير حجم (وضغط) نظام في حالة اتزان إلى إزاحة الاتزان فقط إذا كان عدد مولات المتفاعلات الغازية تختلف عن عدد مولات النواتج الغازية. أما إذا تساوت أعداد مولات الغازات على طرفي المعادلة فإن تغيير الحجم والضغط لا يؤثران في الاتزان.

تغير درجة الحرارة أي تغير في درجات الحرارة يغير موضع وثابت الاتزان. تذكر أن معظم التفاعلات الكيميائية إمَّا ماصّة للحرارة أو طاردة لها. فمثلاً يحظى تفاعل تكوين الميثان بـ ΔH° سالبة، وهذا يعني أن التفاعل الأمامي طارد للحرارة والتفاعل العكسي ماصّ للحرارة.

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta H^\circ = -206.5\ kJ$$

في هذه الحالة يمكن اعتبار الحرارة ناتجًا في التفاعل الأمامي ومتفاعلاً في التفاعل العكسي.

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} + \text{حرارة}$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الحـرارة وموضع الاتزان إذا أضيفت كمية من الحرارة إلى نظام متزن فإن الاتزان – وفقًا لمبدأ لوتشـاتلييه – يتجه نحو الاتجاه الذي تسـتهلك فيه الحرارة. لذا يزاح الاتزان نحو اليسار، ويقلل من تركيز الميثان CH_4. أما خفض درجة الحرارة فيؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين؛ لأن التفاعل الأمامي ينتج طاقة ويقلل من الجهد، لذا تنتج كمية أكبر من الميثان.

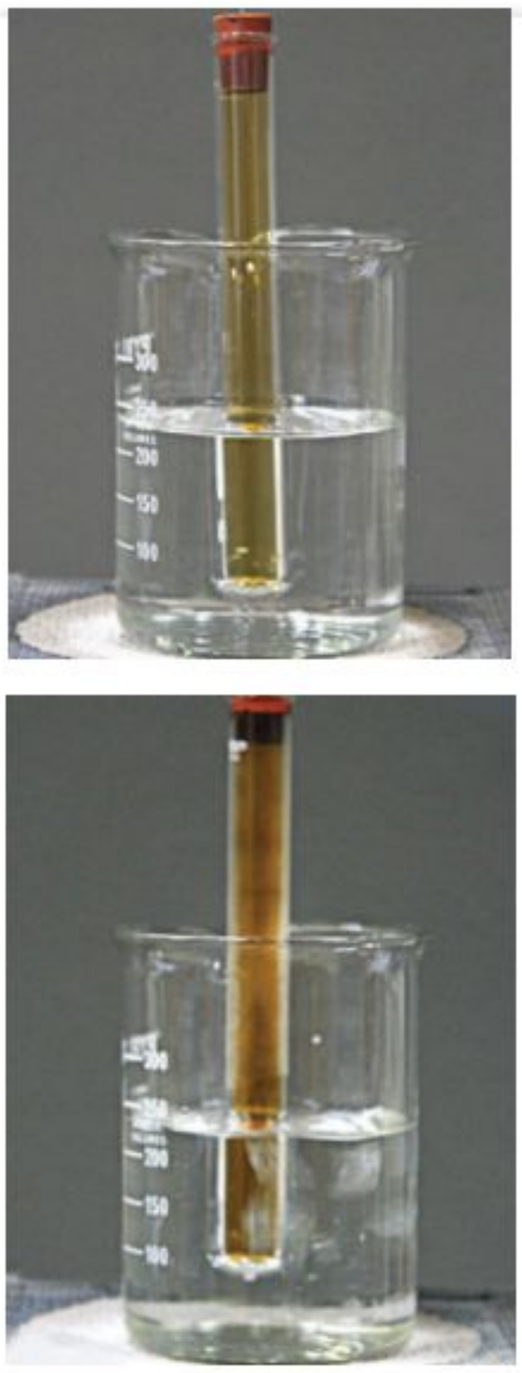
درجة الحرارة و K_{eq} ينتج عن أي تغيير في درجة الحرارة تغير في K_{eq}، وكلما زادت قيمة K_{eq} كان الناتج في خليط الاتزان أكبر. ولذلك فإنه في تفاعل إنتاج الميثان تزداد K_{eq} عندما تنخفض درجة الحرارة، وتنخفض قيمة K_{eq} عند ارتفاع درجة الحرارة.

التحول بين رابع أكسـيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 وثاني أكسـيد النيتروجين NO_2 يسـتجيب للتغيرات في درجة الحرارة بشكل ملحوظ. ويمكن وصف هذا الاتزان الماص للحرارة في المعادلة الآتية:

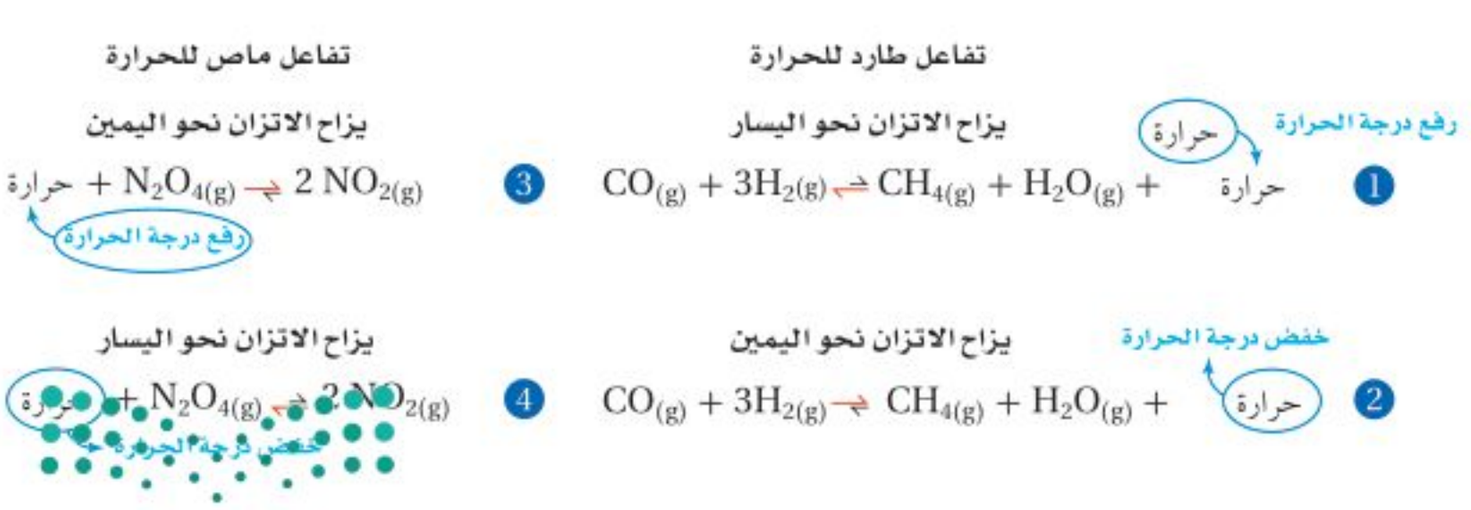
$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ = 55.3\ kJ$$

N_2O_4 غاز لا لون له، و NO_2 غاز بني اللون. يوضـح **الشكل 14–4** لـون مزيج الاتـزان، عندما يبرد في حمام مـاء بارد يصبح لونه أخف مقارنـة بلونه عندما يسـخن المزيج في حمام ماء سـاخن. عند إزالة الحرارة بالتبريـد يزاح الاتزان نحو اليسار، وينتج المزيد من غاز لا لون له N_2O_4 . أما عند إضافة الحرارة فيزاح الاتزان نحـو اليمين وينتج المزيد مـن غاز NO_2 البني اللون. يوضح **الشـكل 15–4** تأثير التسخين والتبريد في التفاعلات التي درستها.

العوامـل المحفّـزة والاتزان تختلف كمية النواتـج المتكونة في التفاعل عند تغير التركيز أو الحجم أو الحرارة. هل يمكن للعامل المحفّز أن يؤثر هو الآخر في تركيز النواتج؟ يعمل العامل المحفّز على زيادة سرعة التفاعل بالتساوي في كلا الاتجاهين، ولهذا يصل التفاعل مع وجود العامل المحفز أسرع إلى حالة الاتزان، دون تغير كمية النواتج المتكونة.



الشـكل 14-4 يـزاح الاتـزان في اتجـاه التفاعـل الماصّ للحـرارة نحـو اليمـين، وهـذا مـن شـأنه أن يزيد من إنتـاج NO_2 (لونـه بني غامـق)، بينما يصبـح لـون مزيج التفاعـل أخف عند وضعـه في حمـام المـاء البـارد؛ لأن الاتزان يزاح في اتجاه التفاعل الطارد للحـرارة نحو اليسـار؛ إذ يزداد تحول NO_2 إلى N_2O_4 الذي لا لون له.



الشـكل 15-4 عـند رفـع درجة حرارة التفـاعل الطـارد للحـرارة بيـن CO و H_2، ينـزاح الاتـزان نحـو اليسـار(معادلة 1)، وعنـد خفض درجة الحرارة ينزاح الاتزان نحـو اليمـين (معادلة 2)، والعكـس صحيـح للتفاعـل الـماص للحـرارة بين NO و N_2O_4 (المعادلتين 3 و4).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

التغير في موضع الاتزان

كيف يعمل الاتزان على تعديل وضعه عند حدوث تغير في حالة الاتزان؟

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع حوالي 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت II $CoCl_2$ الذي تركيزه 0.1M في أنبوب اختبار. سجل لون المحلول.
3. أضف حوالي 3 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl المركز إلى أنبوب الاختبار، سجل لون المحلول.

تحذير: HCl يحرق الجلد والملابس.

4. أضف كمية كافية من الماء إلى أنبوب الاختبار حتى يتغير لون المحلول، وسجل اللون الناتج.
5. أضف قرابة 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت II 0.1M إلى أنبوب اختبار آخر. وأضف HCl المركز تدريجيًّا (نقطة واحدة كل مرة) بحذر، إلى أن يتحول لون المحلول إلى البنفسجي. إذا أصبح لون المحلول أزرق فأضف الماء حتى يتحول إلى اللون البنفسجي.
6. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء بارد، ورُش عليه بعض ملح المائدة، وسجل لون المحلول في أنبوب الاختبار.
7. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء ساخن، واستعمل الثرمومتر غير الزئبقي لقياس درجة الحرارة التي يجب أن تكون 70 °C على الأقل، وسجل لون المحلول.

التحليل

1. **فسر** استعمل معادلة التفاعل أدناه لتفسير ملاحظاتك حول اللون في الخطوات 4–2.

$$Co(H_2O_6)^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons CoCl_4^{2-} + 6H_2O$$

أرجواني أزرق

2. **صف** كيف يزاح الاتزان عند إضافة طاقة أو إزالتها؟
3. **فسّر** من ملاحظاتك حول اللون في الخطوات (6 و7) ما إذا كان التفاعل ماصًّا للحرارة أم طاردًا للحرارة؟

التقويم 4-2

الخلاصة

- مبدأ لوتشاتلييه يصف كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة إلى تغير التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان، ولكن K_{eq} يبقى ثابتًا، أما التغير في درجة الحرارة فيغيرّ موضع الاتزان وقيمة K_{eq}.

13. الفكرة الرئيسة فسر كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان للجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن.

14. فسر كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي؟

a. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

b. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$

15. قرر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:

$$C_2H_{2(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CH_3CHO_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -151\ kJ$$

16. وضح يظهر الجدول تراكيز مادتين A وB في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/l		
تفاعل	[A]	[B]
1	0.0100	0.0200
2	0.0500	0.400

17. صمم خريطة مفاهيمية توضح طرائق تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة المتفاعلات في النظام نفسه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–3

الأهداف

- **تحدد** تراكيز المتفاعلات والنواتج عند الاتزان.
- **تحسب** ذائبية مركب من ثابت حاصل الذائبية.
- **تفسر** تأثير الأيون المشترك.

مراجعة المفردات

الذائبية: الكمية القصوى من المذاب التي تذوب في كمية من المذيب عند درجة حرارة وضغط محددين.

المفردات الجديدة

ثابت حاصل الذائبية

الأيون المشترك

تأثير الأيون المشترك

استعمال ثوابت الاتزان

Using Equilibrium Constants

الفكرة الرئيسة **يمكن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حساب تراكيز المواد في التفاعل وذوبانيتها.**

الربط مع الحياة لعلك جلست يومًا في المقعد الخلفي للسيارة الممتلئ بعدد من أصدقائك؟ أنت تدرك أن هناك حدًّا لعدد الأشخاص الذين يستطيعون الجلوس في المقعد. تواجه المركبات الأيونية الحالة نفسها عند ذوبانها في المحلول.

حساب التراكيز عند الاتزان Calculating Equilibrium Concentrations

كيف يمكن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حساب تركيز ناتج ما، إذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_{eq} لتفاعل تكون غاز الميثان CH_4 من تفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز أول أكسيد الكربون CO تساوي 3.933 عند درجة حرارة 1200 K؟ يمكنك حساب تركيز الميثان CH_4 إذا كانت تراكيز H_2O و CO و H_2 معروفة.

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

0.850 M 1.333 M ?M 0.286 M

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

للحصول على $[CH_4]$ اضرب طرفي المعادلة في $[H_2]^3[CO]$ واقسم الطرفين على $[H_2O]$

$$[CH_4] = K_{eq} \times \frac{[CO][H_2]^3}{[H_2O]}$$

عوض التراكيز المعروفة وقيمة $K_{eq} = 3.933$

$$[CH_4] = 3.933 \times \frac{(0.850)(1.333)^3}{(0.286)} = 27.7\ mol/L$$

هل الكمية الناتجة ذات جدوى اقتصادية بحيث يمكن تحويل المتبقي من CO و H_2 إلى ميثان؟ هذا يعتمد على تكلفة الميثان. يوضح **الشكل 16-4** عبّارة تنقل الغاز الطبيعي إلى الموانئ حول العالم.

الشكل 16-4 تحمل ناقلات النفط كميات كبيرة من الغاز الطبيعي حول العالم لسد الاحتياجات الصناعية والمنزلية. يستعمل الغاز الطبيعي (الميثان) للتدفئة والطبخ.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 4-4

حساب تراكيز الاتزان يتفكك كبريتيد الهيدروجين الذي يتميز برائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد عند 1405 K إلى هيدروجين وجزيء كبريت بحسب المعادلة الآتية: $2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + S_{2(g)}$

ما تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان إذا كان ثابت الاتزان يساوي 2.27×10^{-3} وتركيز $[H_2S] = 0.184\ mol/L$، و $[S_2] = 0.0540\ mol/L$؟

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت قيمة ثابت الاتزان K_{eq} وتركيزي مادتين من ثلاثة، لذا تستطيع حل معادلة الاتزان وحساب $[H_2]$. ولأن قيمة K_{eq} أقل من واحد فإن هناك متفاعلات أكثر من النواتج في خليط الاتزان. لذا تستطيع أن تتوقع أن يكون $[H_2]$ أقل من 0.184 mol /L، وهو تركيز المتفاعل H_2S.

المعطيات

$K_{eq} = 2.27 \times 10^{-3}$

$[S_2] = 0.0540\ mol/L$

$[H_2S] = 0.184\ mol/L$

المطلوب

$[H_2] = ?\ mol/L$

2 حساب المطلوب

ضع تعبير ثابت الاتزان

$$K_{eq} = \frac{[H_2]^2[S_2]}{[H_2S]^2}$$

حل المسألة لإيجاد $[H_2]$

اضرب كلا الطرفين في $[H_2S]^2$ ثم اقسمها على $[S_2]$

$$[H_2]^2 = K_{eq} \times \frac{[H_2S]^2}{[S_2]}$$

أوجد الجذر التربيعي

$$[H_2] = \sqrt{K_{eq} \times \frac{[H_2S]^2}{[S_2]}}$$

عوض $K_{eq} = 2.27 \times 10^{-3}$ و $[H_2S] = 0.184 mol/L$ و $[S_2] = 0.0540 mol/L$

$$[H_2] = \sqrt{(2.27 \times 10^{-3}) \times \frac{(0.184)^2}{(0.0540)}}$$

اضرب واقسم

$$[H_2] = 0.0377\ mol/L$$

تركيز الاتزان لـ H_2 هو 0.0377mol /L

3 تقويم الإجابة

الإجابة صحيحة، وكما هو متوقع تركيز H_2 عند الاتزان أقل من 0.184mol /L.

مسائل تدريبية

18. ينتج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$، فإذا كان $K_{eq} = 10.5$ عند درجة حرارة محددة، فاحسب التراكيز الآتية:

a. $[CO]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.933 mol /L H_2 و 1.32 mol /L CH_3OH

b. $[H_2]$ في خليط اتزان يحتوي على 1.09 mol /L CO و 0.325 mol /L CH_3OH

c. $[CH_3OH]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.0661 mol / L H_2 و 3.85 mol / L CO

19. تحفيز في التفاعل العام $A+B \rightleftharpoons C+D$ إذا سُمح لـ 1.0 mol / L من A بالتفاعل مع 1.0 mol / L من B في دورق حجمه 1L إلى أن يصلا إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان 0.450 mol / L، فما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq}؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 17-4 المياه في البحيرات الكبيرة المالحة أكثر ملوحة من مياه البحر. ويزيد التركيز العالي للملح من كثافة الماء بشكل كافٍ يسمح للناس بالطفو على سطحه.

ثابت حاصل الذائبية The Solubility Product Constant

بعض المركبات الأيونية – ومنها كلوريد الصوديوم – يذوب بسرعة في الماء، وبعضها الآخر – ومنها كبريتات الباريوم $BaSO_4$ – يذوب قليلاً في الماء. عند الذوبان تتفكك جميع المركبات الأيونية إلى أيونات.

$$NaCl_{(s)} \rightarrow Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

بسبب الذائبية العالية لكلوريد الصوديوم NaCl، تحتوي المحيطات وبعض البحيرات على كميات كبيرة من الملح. يوضح **الشكل 17-4** كمية كبيرة من ملح الطعام نتجت عن جفاف جزء من مياه إحدى البحيرات.

في بعض الأحيان تكون الذائبية المنخفضة مهمة أيضًا؛ فرغم أنَّ أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان إلا أنه يجب أن يشرب المرضى كبريتات الباريوم قبل التعرض للأشعة السينية لأخذ صور للجهاز الهضمي . هل يمكن أن يشرب المريض $BaSO_4$ بشكل آمن؟ تتفكك كبريتات الباريوم في الماء وفقًا للمعادلة الآتية:

$$BaSO_{4(s)} \rightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

وحين تتكون الأيونات الناتجة يبدأ التفاعل العكسي.

$$BaSO_{4(s)} \leftarrow Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

ومع الوقت يصل التفاعل إلى حالة الاتزان.

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

تكون سرعة الذوبان للمركبات القليلة الذوبان – ومنها $BaSO_4$ – متساوية عندما تكون تراكيز الأيونات صغيرة إلى أقصى حد. ومع ذلك يكون المحلول عند الاتزان محلولاً مشبعًا.

كتابة تعبير ثابت حاصل الذائبية يسمى تعبير ثابت الاتزان للمركبات القليلة الذوبان "**ثابت حاصل الذائبية**"، وهو ناتج ضرب تراكيز الأيونات الذائبة كلٌّ منها مرفوع لأس يساوي معاملها في المعادلة الكيميائية. إن تركيز المادة النقية يعبر عن

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كثافتها بوحدة mol /L، ويكون ثابتًا عند درجة حرارة محددة. ولذلك يتم حذف المواد الصلبة والسوائل النقية في الاتزان غير المتجانس من تعابير ثوابت الاتزان .

والآن تستطيع كتابة تعبير ثابت حاصل الذائبية لكبريتات الباريوم الذائبة في الماء، إذا كان K_{sp} لهذه العملية 1.1×10^{-10} عند درجة حرارة 298 K.

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-10}$$

يدل مقدار قيمة K_{sp} الصغير لـ $BaSO_4$ على أن النواتج لا تزداد تراكيزها عند الاتزان؛ فتركيز أيونات الباريوم عند الاتزان 1.0×10^{-5} M، مما يمكّن المريض من تناول محلول كبريتات الباريوم بأمان، انظر **الشكل 18-4**. وعلى سبيل المثال أيضًا، ثابت حاصل الذائبية لمضادّ الحموضة هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$:

$$Mg(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2$$

تعتمد قيمة K_{sp} فقط على تراكيز الأيونات في المحلول المشبع. إلَّا أنَّ بعض المواد الصلبة غير الذائبة مهما بلغ قلة كميتها يجب أن تكون موجودة في خليط الاتزان.

ويعرض **الجدول 3-4** ثوابت حاصل الذائبية لنواتج بعض المركبات الأيونية. لاحظ أن جميعها أرقام صغيرة. لذا تقاس ثوابت حاصل الذائبية للنواتج وتسجل للمركبات القليلة الذوبان فقط.

الشكل 18-4 هناك احتمال أفضل للتشخيص عند التعرض للأشعة السينية في منطقة المعدة عند شرب المريض خليطًا لزجًا يحتوي على كبريتات الباريوم، وهي مادة سامة. ولكن لأن ذوبانيتها قليلة فكمية قليلة منها يمكن أن تذوب في جسم المريض دون أي ضرر.

الجدول 3-4 ثوابت حاصل الذائبية عند 298 K

المركب	K_{sp}	المركب	K_{sp}	المركب	K_{sp}
الكربونات		**الهاليدات**		**الهيدروكسيدات**	
$BaCO_3$	2.6×10^{-9}	CaF_2	3.5×10^{-11}	$Al(OH)_3$	4.6×10^{-33}
$CaCO_3$	3.4×10^{-9}	$PbBr_2$	6.6×10^{-6}	$Ca(OH)_2$	5.0×10^{-6}
$CuCO_3$	2.5×10^{-10}	$PbCl_2$	1.7×10^{-5}	$Cu(OH)_2$	2.2×10^{-20}
$PbCO_3$	7.4×10^{-14}	PbF_2	3.3×10^{-8}	$Fe(OH)_2$	4.9×10^{-17}
$MgCO_3$	6.8×10^{-6}	PbI_2	9.8×10^{-9}	$Fe(OH)_3$	2.8×10^{-39}
Ag_2CO_3	8.5×10^{-12}	AgCl	1.8×10^{-10}	$Mg(OH)_2$	5.6×10^{-12}
$ZnCO_3$	1.5×10^{-10}	AgBr	5.4×10^{-13}	$Zn(OH)_2$	3×10^{-17}
Hg_2CO_3	3.6×10^{-17}	AgI	8.5×10^{-17}	**الكبريتات**	
الكرومات		**الفوسفات**		$BaSO_4$	1.1×10^{-10}
$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}	$AlPO_4$	9.8×10^{-21}	$CaSO_4$	4.9×10^{-5}
$PbCrO_4$	2.3×10^{-13}	$Ca_3(PO_4)_2$	2.1×10^{-33}	$PbSO_4$	2.5×10^{-8}
Ag_2CrO_4	1.1×10^{-12}	$Mg_3(PO_4)_2$	1.0×10^{-24}	Ag_2SO_4	1.2×10^{-5}

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استعمال ثابت حاصل الذائبية تم تحديد ثابت حاصل الذائبية للنواتج الموجودة في **الجدول 3-4** عن طريق إجراء تجارب. وتعد قيم K_{sp} مهمة؛ لأنه يمكن استعمالها في تحديد ذائبية المركبات القليلة الذوبان. تذكـر أن ذائبية مركب ما في الماء تعني كمية المادة التي تتفـكك في حجم معين من الماء عند درجة حرارة معينة.

افترض أنك تريد حسـاب ذائبية يوديد الفضة AgI بوحـدة mol /L عند 298 K، إذا عرفت أنّ معادلة الاتزان وصيغة ثابت حاصل الذائبية هما:

$$AgI_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ag^+][I^-] = 8.5 \times 10^{-17} \quad \text{عند} \quad 298\ K$$

يمكن الإشارة إلى ذائبية يوديد الفضة AgI بـ s، وهي عدد مولات AgI التي تذوب في 1L من المحلول. وبالنظـر إلى معادلة الاتزان نجد أنه لكل مول من AgI يذوب عدد مسـاو من المولات من أيونات Ag^+ التي تتكون في المحلول. لذا $[Ag^+]$ يساوي s. وكل أيون Ag^+ له أيون مصاحب I^-، لذا $[I^-]$ يساوي s. عند التعويض بـ s بدلاً من $[Ag^+]$ و $[I^-]$، تصبح صيغة K_{sp} كالآتي:

$$[Ag^+][I^-] = (s)(s) = s^2 = 8.5 \times 10^{-17}$$

$$s = \sqrt{8.5 \times 10^{-17}} = 9.2 \times 10^{-9}\ mol/L$$

ذائبية AgI هي 9.2×10^{-9} mol /L عند 298 K.

مثال 5-4

حساب الذائبية المولارية استعمل قيمة K_{sp} في **الجدول 3-4** لحساب ذائبية كربونات النحاس II $CuCO_3$ بوحدة mol /L عند 298 K.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت ثابت حاصل الذائبية لـ $CuCO_3$. تمثـل تراكيز أيون النحاس وأيون الكربونات علاقة واحد – إلى واحد مع الذائبية المولارية لـ $CuCO_3$. استعمل s لتمثيل الذائبية لـ $CuCO_3$، ثم استعمل صيغة ثابت حاصل الذائبية لإيجاد الذائبية. ولأن K_{sp} في صـورة 10^{-10}، لذا يمكنك توقع أن تكون الذائبية المولارية تسـاوي الجذر التربيعي لـ K_{sp} أو حوالي 10^{-5}.

المعطيات

$K_{sp} = CuCO_3 = 2.5 \times 10^{-10}$

المطلوب

$s = ?\ mol/l$

2 حساب المطلوب

ضع معادلة كيميائية لاتزان الذائبية.

$$CuCO_{3(s)} \rightleftharpoons Cu^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$$

ضع صيغة ثابت حاصل الذائبية.

$$K_{sp} = [Cu^{2+}][CO_3^{2-}] = 2.5 \times 10^{-10}$$

اربط $[Cu^{2+}]$ و $[CO_3^{2-}{}_{(aq)}]$ بذائبية $CuCO_3$

$$s = [Cu^{2+}] = [CO_3^{2-}]$$

عوض s بدلاً من $[Cu^{2+}]$ و $[CO_3^{2-}]$

$$(s)(s) = s^2 = 2.5 \times 10^{-10}$$

حل لإيجاد S واحسب الإجابة

$$s = \sqrt{2.5 \times 10^{-10}} = 1.6 \times 10^{-5}\ mol/L$$

3 تقويم الإجابة

كما هو متوقع، الذائبية المولارية لـ $CuCO_3$ حـوالي 10^{-5} mol/L

وزارة التعـليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

20. استعمل البيانات في **الجدول 3-4** لحساب الذائبية المولارية mol / L للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K .

a. $PbCrO_4$ b. AgCl c. $CaCO_3$

21. تحفيز إذا علمت أن K_{sp} لكربونات الرصاص $PbCO_3$ يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K، فما ذائبية كربونات الرصاص g/L؟

مثال 6-4

حساب تركيز الأيون هيدروكسيد الماغنسيوم مادة صلبة بيضاء يمكن الحصول عليها من مياه البحر واستعمالها في صنع الكثير من الأدوية الطبية. وخصوصًا في الأدوية التي تعمل على معادلة حموضة المعدة الزائدة. احسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول هيدروكسيد الماغنسيوم المشبع $Mg(OH)_2$ عند 298 K، إذا علمت أن $K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت K_{sp} لـ $Mg(OH)_2$، عدد مولات أيونات Mg^{+2} في المحلول تساوي عدد مولات $Mg(OH)_2$ الذائبة. ولكن عدد مولات أيونات OH^- في المحلول تساوي ضعفي عدد مولات $Mg(OH)_2$ الذائبة. يمكنك استعمال هذه العلاقات لكتابة صيغة ثابت حاصل الذائبية في صورة متغير واحد. ولأن صيغة ثابت حاصل الذائبية معادلة تكعيبية، يمكنك توقع أن $[OH^-]$ تساوي تقريبًا الجذر التكعيبي لـ 10^{-12} أو حوالي 10^{-4}.

المعطيات

$K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$

المطلوب

$[OH^-] = ?\ mol/L$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية موزونة للاتزان

$$Mg(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

ضع تعبير K_{sp}

$$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

لتكن $x = [Mg^{2+}]$ ولأن هناك أيونين OH^- لكل أيون Mg^{+2} فإن $2x = [OH^-]$

عوض عن $2x = [OH^-]$ $x = [Mg^{2+}]$

$$(x)(2x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

ربع الحدود

$$(x)(4)(x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

اجمع الحدود

$$4x^3 = 5.6 \times 10^{-12}$$

اقسم

$$x^3 = \frac{5.6 \times 10^{-12}}{4} = 1.4 \times 10^{-12}$$

استعمل الآلة الحاسبة لإيجاد الجذر التكعيبي

$$x = [Mg^{2+}] = \sqrt[3]{1.4 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{-4}\ mol/L$$

اضرب $[Mg^{+2}]$ في 2 للحصول على $[OH^-]$

$$[OH^-] = 2[Mg^{2+}] = 2(1.1 \times 10^{-4}\ mol/L) = 2.2 \times 10^{-4}\ mol/L$$

3 تقويم الإجابة كما هو متوقع $[OH^-]$ حوالي 10^{-4} mol /L

مسائل تدريبية

22. استعمل قيم K_{sp} الموجودة في **الجدول 3-4** لحساب:

a. $[Ag^+]$ في محلول AgBr عند الاتزان. **b.** $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 c. $[Ag^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.

23. احسب ذائبية Ag_3PO_4 ($K_{sp} = 2.6 \times 10^{-18}$).

24. تحفيز إذا كانت ذائبية كلوريد الفضة $AgCl = 1.86\times10^{-4}$ g /100 g في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 19-4 لأن ثابت الأيون الناتج Q_{sp} أكبر من K_{sp} يمكنك أن تتوقع أن $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ سيكون راسبًا.

توقع الرواسب إذا تم خلط أحجام متساوية من محاليل مائية تركيز كل منها 0.10M من كلوريد الحديد III $FeCl_3$ مثلاً، وسداسي سيانو حديد II البوتاسيوم $K_4[Fe(CN)_6]$ يتكون راسب، كما هو مبين في **الشكل** 19-4. ربما يحدث تفاعل الإحلال المزدوج الآتي:

$$4FeCl_3 + 3K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 12KCl + Fe_4[Fe(CN)_6]_3$$

يمكنك أن تستعمل K_{sp} لتتوقع ما إذا سيتكوّن راسب عند خلط أي محلولين أيونيين.

في التفاعل السابق، يمكن أن يتكون راسب في حال أن الناتج KCl أو $Fe_4[(Fe(CN)_6]_3$ له ذائبية قليلة. تعرف أن KCl مركب ذائب، لذا لا يمكنه أن يترسب، ولكن K_{sp} لـ $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ يكون رقمًا صغيرًا جدًّا وهو 3.3×10^{-41}، وهو ما قد يجعل $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ يترسب إذا كانت تراكيز أيوناته كبيرة بشكل كافٍ. ماذا نعني بكبيرة بشكل كافٍ؟

قد يحدث اتزان بين الراسب الصلب $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ وأيوناته في المحلول، كما هو مبين في المعادلة:

$$Fe_4[Fe(CN)_6]_{3(s)} \rightleftharpoons 4Fe^{3+}_{(aq)} + 3Fe(CN)_6^{4-}{}_{(aq)}$$

فعند خلط محاليل $FeCl_3$ و $K_4[Fe(CN)_6]$، وإذا كانت تراكيز أيونات Fe^{3+} و $Fe(CN)_6^{4-}$ أكبر من تراكيزها الناتجة في المحلول المشبع لـ $Fe_4[Fe(CN_6)]_3$ فسيزاح الاتزان في هذه الحالة نحو اليسار، وسوف يترسب $Fe_4[Fe(CN_6)]_3$. ولتوقع تكوُّن راسب عند خلط محلولين عليك أولاً أن تحسب تراكيز الأيونات.

ماذا قرأت؟ **وضح** الظروف التي تمكّنك من توقع تكون راسب.

حساب تراكيز الأيون يوضح **الجدول** 4-4 تراكيز أيونات المتفاعلات والنواتج في المحاليل الأصلية 0.10 M $K_4Fe(CN)_6$ و 0.10 M $FeCl_3$)، وأيضًا في الخليط فور خلط المحلولين بحجوم متساوية. لاحظ أن $[Cl^-]$ أكبر ثلاث مرات من $[Fe^{3+}]$؛ لأن نسبة Cl^- إلى Fe^{3+} في $FeCl_3$ هي 3:1. ولاحظ أيضًا أن $[K^+]$ أكبر أربع مرات من $[Fe(CN)_6^{4-}]$؛ لأن نسبة K^+ إلى $Fe(CN)_6^{4-}$ هي 4:1. لاحظ أن تركيز كل أيون في الخليط هو نصف تركيزه الأصلي؛ لأنه عند خلط حجمين متساويين من محلولين فإن عدد الأيونات نفسه سوف يذوب في ضعف الحجم الأصلي؛ لذلك يقل التركيز بمقدار النصف.

والآن يمكنك استعمال البيانات الموجودة في الجدول لتحاول معرفة ما إذا كانت تراكيز Fe^{3+} و $Fe(CN)_6^{4-}$ في محلول لخليط من كليهما تفوق قيمة K_{sp} عند تعويضهما في تعبير ثابت ذائبية الناتج. $K_{sp} = [Fe^{3+}]^4[Fe(CN)_6^{4-}]^3$

تذكر أنك لم تحدد ما إذا كان المحلول مشبعًا أم لا، لذا فإن ناتج عملية التعويض لا يكون بالضرورة ثابت حاصل الذائبية الناتج، ولكنه يسمى ناتج الخليط.

الجدول 4-4 **تراكيز الأيونات**

المحلول الأصلي mol/L	الخليط mol/L
$[Fe^{3+}] = 0.10$	$[Fe^{3+}] = 0.050$
$[Cl^-] = 0.30$	$[Cl^-] = 0.15$
$[K^+] = 0.40$	$[K^+] = 0.20$
$[Fe(CN)_6^{4-}] = 0.10$	$[Fe(CN)_6^{4-}] = 0.050$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأيوني Q_{sp}، وهو قيمة مجرّبة نستطيع مقارنتها بـ K_{sp}

$$Q_{sp} = [Fe^{3+}]^4[Fe(CN)_6{}^{4-}]^3 = (0.050)^4(0.050)^3 = 7.8 \times 10^{-10}$$

يمكنــك الآن مقارنة Q_{sp} بـ K_{sp}. ومن هذه المقارنة يمكن أن نســتنتج إحدى ثلاثة أمور: Q_{sp} أقل من K_{sp} ، أو مساو لـ K_{sp} ، أو أكبر من K_{sp}.

1. إذا كان $Q_{sp} < K_{sp}$ فإن المحلول غير مشبع، ولا يتكون راسب.
2. إذا كان $Q_{sp} = K_{sp}$ فإن المحلول مشبع، ولا يحدث تغير.
3. إذا كان $Q_{sp} > K_{sp}$، فسوف يتكون راســب، وتقل تراكيز الأيونات في المحلول حتى يصبح ناتج ضرب تراكيز الأيونات في تعبير K_{sp} يساوي القيمة العددية لـ K_{sp}. ويكون النظام في حالة اتزان، والمحلول مشبعًا.

في حالة الاتزان لـ $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$، يكون Q_{sp} الذي يساوي 7.8×10^{-10} أكبر من K_{sp} الذي يســاوي 3.3×10^{-41} ، فيتكون راسب أزرق غامق اللون، هو $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$، كما هو موضح في **الشكل 19-4**.

مثال 7-4

توقع تكون راسب توقع ما إذا ســيتكون راســب $PbCl_2$ عند إضافة 100 mL من 0.0100 M NaCl إلى 100 mL من $Pb(NO_3)_2$ 0.0200 M علمًا بأن K_{sp} للمركب يساوي 1.7×10^{-5}.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت حجمين متســاويين من محلولين تركيزهما معلومان. تســمح لك التراكيز الأولية للمحاليل بحســاب تراكيز أيونات Pb^{+2} و Cl^- في المحلول الناتج عن خلطهما.

المعطيات

100 mL من 0.0100 M NaCl

100 mL من $Pb(NO_3)_2$ 0.0200 M

$K_{sp} = 1.7 \times 10^{-5}$

المطلوب

$Q_{sp} > K_{sp}$?

2 حساب المطلوب

ضع معادلة ذوبان $PbCl_2$

$$PbCl_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}{}_{(aq)} + 2Cl^-{}_{(aq)}$$

ضع صيغة Q_{sp}

$$Q_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^-]^2$$

مزج المحاليل يخفف تركيزها إلى النصف.

اقسم $[Pb^{+2}{}_{(aq)}]$ على 2

$$[Pb^{2+}] = \frac{0.0200M}{2} = 0.0100M$$

اقسم $[Cl^-]$ على 2

$$[Cl^-] = \frac{0.0100M}{2} = 0.00500M$$

عوض عن $[Pb^{2+}] = 0.0100M$ و $[Cl^-] = 0.00500M$

$$Q_{sp} = (0.0100)(0.00500)^2 = 2.5 \times 10^{-7}$$

قارن Q_{sp} بـ K_{sp}

Q_{sp} $(2.5 \times 10^{-7}) < K_{sp}$ (1.7×10^{-5})

لذا لا يتكون الراسب

3 تقويم الإجابة

Q_{sp} أقل من K_{sp} . الأيونات Cl^- و Pb^{2+} لا توجد بتراكيز عالية بقدر كافٍ في المحلول لتكون راسبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

25. استعمل قيم K_{sp} من **الجدول 3-4** لتتوقع ما إذا سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية:

a. $0.030\ M\ NaF$ و $0.10\ M\ Pb(NO_3)_2$

b. $0.010\ M\ AgNO_3$ و $0.25\ M\ K_2SO_4$

26. تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة $250\ mL$ من $0.20\ M\ MgCl_2$ إلى $750\ mL$ من $0.0025\ M\ NaOH$ ؟

تأثير الأيون المشترك The Common Ion Effect

ذائبية كرومات الرصاص $PbCrO_4$ في الماء تساوي $4.8 \times 10^{-7}\ mol/L$ عند درجة الحرارة $298\ k$. وهذا يعني أنك تستطيع تفكيك وإذابة $4.8 \times 10^{-7}\ mol$ من $PbCrO_4$ في $1.00\ L$ من الماء النقي. ولكنك لا تستطيع إذابة $4.8 \times 10^{-7}\ mol$ من $PbCrO_4$ عند درجة الحرارة نفسها في $1.00L$ من محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 الذي تركيزه $0.1M$.

لماذا يعد $PbCrO_4$ أقل ذائبية في المحلول المائي لـ K_2CrO_4 مقارنة بذائبيته في الماء النقي؟

معادلة اتزان الذائبية لـ $PbCrO_4$، وتعبير ثابت حاصل الذائبية:

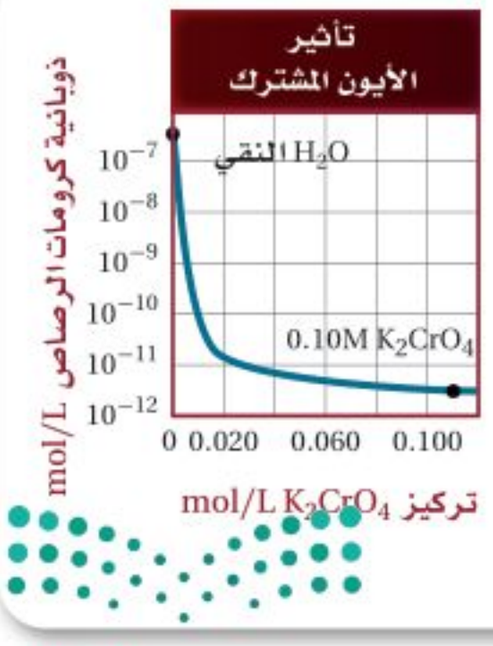
$$PbCrO_{4(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}{}_{(aq)} + CrO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4{}^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

تذكـــر أن K_{sp} ثابت عند أي درجة حرارة معطاة، لذا إذا ازداد تركيز Pb^{2+} أو تركيز $CrO_4{}^{2-}$ في نظام متزن فإن تركيز الأيون الآخر ســوف يقل؛ لأن ناتج ضرب تراكيز الأيونين يساوي دائمًا K_{sp}. فمحلول K_2CrO_4 يحتوي على أيونات $CrO_4{}^{2-}$ قبل أن تتم إذابة $PbCrO_4$. وفي هذا المثال أيون $CrO_4{}^{2-}$ يسمى أيونًا مشتركًا؛ لأنه جزء من المركبين K_2CrO_4 و $PbCrO_4$.

يوضح **الشــكل 20-4** أثر الأيون المشــترك $CrO_4{}^{2-}$ في ذائبية $PbCrO_4$. **الأيون المشترك** هو أيون يدخل في تركيب اثنين أو أكثر من المركبات الأيونية. ويسمى انخفاض ذائبية المادة بسبب وجود أيون مشترك **تأثير الأيون المشترك**.

الشــكل 20-4 تقل ذائبيــة كرومــات الرصاص كلما زاد تركيز محلول كرومات البوتاسيوم الذائبة فيــه. التغير ناتج عن وجود أيون $CrO_4{}^{2-}$ في كل من كرومات الرصاص وكرومات البوتاسيوم.



النقي H_2O : $[Pb^{2+}] = 4.8 \times 10^{-7}\ mol/L$

$[CrO_4{}^{2-}] = 4.8 \times 10^{-7}\ mol/L$

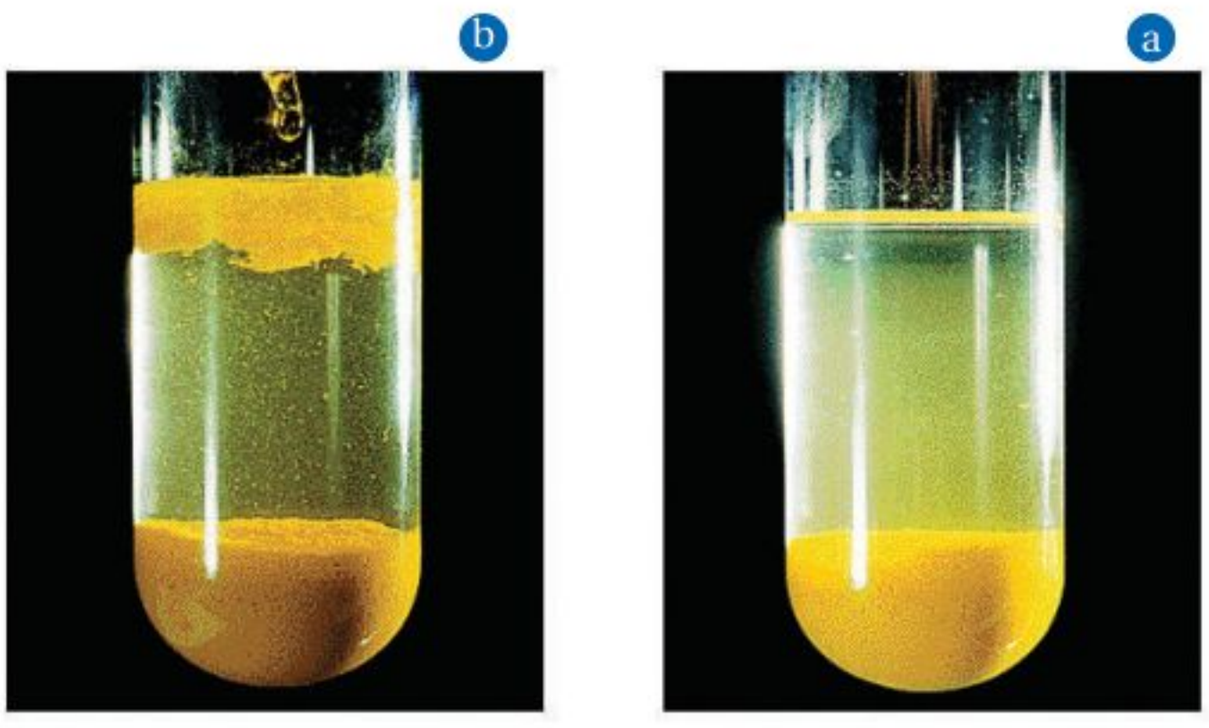
$0.10M\ K_2CrO_4$: $[Pb^{2+}] = 2.3 \times 10^{-12}\ mol/L$

$[CrO_4{}^{2-}] = 1.00 \times 10^{-1}\ mol/L$

اختبار الرسم البياني؟

تــحقق أنّ K_{sp} لا يتغــير مع زيــادة تركيز كرومات البوتاسيوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 21-4 يوضح تأثير إضافة أيونات الكرومات في ذائبية كرومات الرصاص. عند إضافة أيونات Pb^{2+} في صورة نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ فإنها تؤثر أيضًا في ذائبية كرومات الرصاص. في الصورة a. $PbCrO_{4(s)}$ في حالة اتزان مع أيوناته في المحلول. في الصورةb. يتأثر الاتزان عند إضافة $Pb(NO_3)_2$، مما يؤدي إلى تكون المزيد من راسب $PbCrO_4$.

تطبيق مبدأ لوتشاتلييه يوضح الشكل a 21-4 المحلول المشبع لكرومات الرصاص $PbCrO_4$. لاحظ المادة الصلبة الصفراء $PbCrO_4$ في قاع الكأس؛ فهي في حالة اتزان مع المحلول، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$PbCrO_{4(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + CrO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

عندما يضاف محلول من $Pb(NO_3)_2$ إلى محلول مشبع من $PbCrO_4$ يترسب المزيد من $PbCrO_4$ الصلب، كما هو موضح في الشكل b 21-4؛ وذلك لأن أيونات Pb^{+2} المشتركة بين المادتين $Pb(NO_3)_2$ و $PbCrO_4$ تقلل من ذائبية $PbCrO_4$. هل يمكن تفسير ترسيب $PbCrO_4$ وفقًا لمبدأ لوتشاتلييه ؟

إنَّ إضافة أيون Pb^{2+} إلى اتزان الذائبية يزيد من جهد الاتزان. ولإزالة الجهد يزاح الاتزان نحو اليسار لتكوين المزيد من الراسب الصلب $PbCrO_4$.

يلعب تأثير الأيون المشترك أيضًا دورًا عند تناول $BaSO_4$ من أجل أخذ أشعة سينية للجهاز الهضمي. إن الذائبية المنخفضة لـ $BaSO_4$ تساعد على التأكد من أن كمية أيون الباريوم السام الممتص من قبل الجهاز الهضمي للمريض قليلة لدرجة غير مؤذية. ولمزيد من الوقاية يتم إضافة كبريتات الصوديوم Na_2SO_4، وهو مركب أيوني ذائب يوفر الأيون المشترك SO_4^{2-} .

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

بحسب مبدأ لوتشاتلييه فإن أيون SO_4^{-2} الذي مصدره Na_2SO_4 يعمل على إزاحة الاتزان نحو اليسار لإنتاج المزيد من $BaSO_4$ الصلب، ويقلل عدد أيونات Ba^{2+} الضارة في المحلول.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

كيف يمنع أيون الفلوريد تسوس الأسنان؟ إنّ أغلب الناس يستعملون معجون أسنان يحتوي على فلوريد الصوديوم، أو فلوريد القصدير II. استعمل معرفتك بذائبية المركبات الأيونية والتفاعلات العكسية لكشف دور أيون الفلوريد في حفظ الأسنان من التسوس.

التحليل

تتكون مينا الأسنان من 98% من هيدروكسي الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3OH$. وعلى الرغم من أنه مادة غير ذائبة في الماء $K_{sp} = 6.8\times10^{-37}$ إلاّ أنّ تحلل المينا ينتج عن ذوبان هيدروكسي الأباتيت، وخصوصًا عندما يحتوي اللعاب على أحماض. أما عملية بناء مينا الأسنان فهي عملية عكسية تحدث عندما يوجد هيدروكسي الأباتيت في محلول مع أيونات الفلوريد؛ إذ يحدث تفاعل إحلال مزدوج يحل فيه أيون الفلوريد محل أيون الهيدروكسيد لتكوين فلوروأباتيت $Ca_5(PO_4)_3F$، $K_{sp} = 1\times10^{-60}$. يعيد الفلوروأباتيت بناء مينا الأسنان، ولذلك فإنه يحل جزئيًا محل هيدروكسي الأباتيت، حيث الفلوروأباتيت أقل ذائبية من هيدروكسيد الأباتيت فتقل عملية هدم المينا وإتلافها.

التفكير الناقد

1. **اكتب** معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي؟
2. **اكتب** معادلة تصف تفاعل الإحلال المزدوج الذي يحدث بين هيدروكسي الأباتيت وفلوريد الصوديوم.
3. **احسب** ذائبية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثم قارن ذوبانيتها.

التقويم 3-4

الخلاصة

- التراكيز عند الاتزان والذائبية يمكن حسابها باستعمال تعبير ثابت الاتزان.
- يصف K_{sp} الاتزان بين مركب أيوني قليل الذائبية وأيوناته في محلول.
- إذا كان الحاصل الأيوني Q_{sp} أكبر من K_{sp} عند خلط محلولين فسوف يتكون راسب.
- وجود الأيون المشترك في محلول يقلل ذائبية المادة المذابة.

27. الفكرة الرئيسة **اكتب** المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان.

28. فسر كيف تستخدم ثابت حاصل الذائبية في حساب ذائبية مركب أيوني قليل الذوبان؟

29. صف كيف يقلل وجود الأيون المشترك ذائبية المركب الأيوني؟

30. وضح الفرق بين K_{sp} و Q_{sp}. وهل يعد Q_{sp} ثابت اتزان؟

31. احسب ذائبية كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9}.

32. صمم تجربة اعتمادًا على الذائبية لتوضح أي الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء والصحة

ارتفاع الهيموجلوبين إلى مستوى التحدي

عندما يسافر الناس إلى أماكن جبلية يشعرون عادة بالتعب، ويصابون بدوار. والسبب في ذلك أن هواء الجبل يحتوي على القليل من جزيئات الأكسجين، كما هو موضح في **الشكل 1**. ومع مرور الوقت يقل الإعياء؛ لأن الجسم يتكيَّف مع هذا النقص في الأكسجين بإنتاج المزيد من البروتين الذي يسمى الهيموجلوبين.

اتزان الهيموجلوبين–أكسجين Hemoglobin–oxgygen equilibriun

يرتبط الهيموجلوبين Hgb بجزيئات الأكسجين التي تدخل دورة الدم في جسمك منتجةً الهيموجلوبين المؤكسد $Hgb(O_2)_4$. ويمكن تمثيل اتزان Hgb و O_2 في المعادلة الآتية:

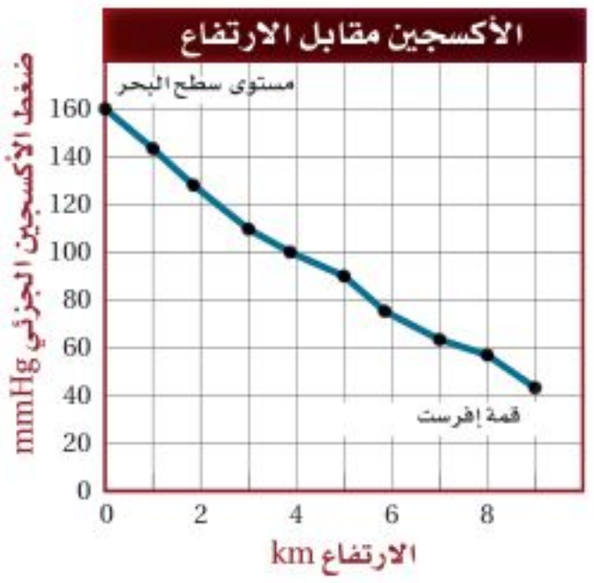
$$Hgb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hgb(O_2)_{4(aq)}$$

في الرئتين عندما تتنفس تتحرك جزيئات الأكسجين إلى دمك، ويستجيب الاتزان للجهد باستهلاك جزيئات الأكسجين بسرعة عالية. ويتم إزاحة الاتزان نحو اليمين، ويزداد تركيز $Hgb(O_2)_4$ في الدم.

$$Hgb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightharpoonup Hgb(O_2)_{4(aq)}$$

في الأنسجة عندما يصل $Hgb(O_2)_4$ إلى أنسجة الجسم التي يكون فيها تركيز الأكسجين منخفضًا يزاح الاتزان نحو اليسار، ويتحرر الأكسجين ليسمح لحدوث عملية الأيض التي من شأنها توليد الطاقة.

$$Hgb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hgb(O_2)_{4(aq)}$$



الشكل 1 يكون الضغط الجزئي لـ O_2 في القمة أكثر انخفاضًا. وكل نفَس يستنشقه الإنسان يحتوي على جزيئات O_2 قليلة.

الشكل 2 على قمة إفرست، يمكن للمتسلق الصعود إلى المخيم II، ثم ينزل إلى المخيم الارضي، ثم يصعد إلى المخيم III؛ استعدادًا للوصول إلى أعلى القمة.

في الجبال In the mountains يستجيب الاتزان لجهد هواء الجبال بإنتاج الأكسجين بسرعة عالية. ويتم إزاحة الاتزان إلى اليسار محرّرًا جزيئات الأكسجين في الرئة، تاركًا القليل من الهيموجلوبين المؤكسج في الدم

$$Hgb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hgb(O_2)_{4(aq)}$$

تركيز الهيموجلوبين المؤكسج المنخفض في الدم يعني أن جزيئات الأكسجين تحررت في أجزاء أخرى من الجسم. ولأن مقدار الطاقة الناتج قليل فإنك تشعر بالإعياء.

تكيفات الجسم The body adjusts يستجيب جسمك لتركيز الأكسجين المنخفض عن طريق إنتاج المزيد من الهيموجلوبين. يُعرف جزء من هذه العملية بالتأقلم؛ إذ يعمل المزيد من الهيموجلوبين على إزاحة الاتزان نحو اليمين

$$Hgb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightharpoonup Hgb(O_2)_{4(aq)}$$

يعني التركيز المتزايد لـ $Hgb(O_2)_{4(aq)}$ أن المزيد من جزيئات الأكسجين تنطلق في أنسجة الجسم. يوضح **الشكل 2** أين يمكن للمتسلقين أن يعوّدوا أجسامهم على الارتفاعات العالية قبل البدء في صعود القمة.

الكتابة في الكيمياء **ابحث** عن أزمة الاختناق عند النوم، كيف يمكن لحدوث الاختناق أن يؤثر في اتزان هيموجلوبين الجسم؟ للمزيد من المعلومات ارجع إلى المواقع الإلكترونية في الشبكة العنكبوتية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

المقارنة بين ثابتي حاصل الذائبية

الخلفية من خلال ملاحظة تكون راسبين في النظام نفسه يمكن استنتاج العلاقة بين ذائبية مركبين أيونيين والقيم العددية لثوابت حاصل الذائبية لهما K_{sp}.

سؤال كيف تستطيع استعمال مبدأ لوتشاتلييه لتقويم الذائبية النسبية لراسبين؟

المواد والأدوات اللازمة

محلول $AgNO_3$ محلول NaCl

محلول Na_2S طبق تفاعلات بلاستيكي ذو 24 أو 32 فجوة

3 قطارات رفيعة الساق (مادة بديلة للطبق: أنابيب اختبار)

إجراءات السلامة

تحذير: نترات الفضة عالية السمية، وتخلّف بقعًا على الجلد و الملابس. كبريتيد الصوديوم مهيج للجلد، و يجب إبقاؤه بعيدًا عن الأحماض.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع 10 قطرات من محلول $AgNO_3$ في الفجوة A1 من طبق التفاعلات. وضع 10 قطرات من المحلول نفسه في الفجوة A2.
3. أضف 10 قطرات من محلول NaCl إلى الفجوة A1 و 10 قطرات في الفجوة A2.
4. دع الرواسب تتكون، ولاحظ الفجوات من أعلى ومن الجانب، وسجل ملاحظاتك.
5. أضف 10 قطرات من محلول Na_2S إلى الفجوة A2.
6. دع الراسب يتكون، وسجل ملاحظاتك عنه.
7. قارن محتوى الفجوتين A1، و A2، وسجل ملاحظاتك.
8. **التخلص من النفايات** استعمال قارورة الغسل لنقل محتوى طبق التفاعلات البلاستيكي إلى وعاء النفايات.

التحليل والاستنتاج

1. **حلل** اكتب المعادلة الكاملة للتفاعل الذي حدث عند مزج NaCl و $AgNO_3$ في الخطوة 3، واكتب المعادلة الأيونية النهائية.

2. **حلل** اكتب تعبير ثابت حاصل الذائبية للاتزان الذي نشأ في الفجوتين A1 و A2 في خطوة 3.
3. **حلل** اكتب معادلة للاتزان الذي نشأ في الفجوة A2 عندما أضفت Na_2S.
4. **تعرَّف** الراسبين من خلال اللون.
5. **قارن** قيم K_{sp} للراسبين، أي المركبين الأيونيين أكثر ذائبية؟
6. **أدرك النتيجة والسبب** استعمل مبدأ لوتشاتلييه لتفسير تأثير إضافة Na_2S في الخطوة 5 في الاتزان في الفجوة A2.
7. **احسب** الذائبية المولارية للراسبين باستعمال قيم K_{sp}. أي الراسبين أكثر ذوبانًا؟
8. **حدد** الدليل الذي يدعم إجابتك للسؤال 7. فسر إجابتك.
9. **تحليل الخطأ** قارن ملاحظاتك عند النظر إلى طبق التفاعلات من أعلى بملاحظاتك عند النظر إليه من جنب. ماذا تلاحظ؟
10. **ابحث** كيف تستعمل المصانع الترسيب لإزالة المواد الكيميائية الخطرة من مياه الصرف الصحي؟

الاستقصاء

المركبات الذائبة مقابل المركبات غير الذائبة المواد المتفاعلة التي استعملتها في مختبر الكيمياء جميعها مركبات أيونية ذائبة والرواسب غير ذائبة. كيف يختلف Na_2S الذائب عن Ag_2S غير الذائب؟ كيف يختلف NaCl الذائب عن AgCl غير الذائب؟ استعمل معلومات Ksp في **الجدول 3-4**. وارجع إلى مصادر أخرى لتعرف القوانين العامة للذائبية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يصل الكثير من التفاعلات والعمليات إلى حالة من الاتزان الكيميائي؛ حيث تتكون كل من المواد المتفاعلة والناتجة بسرعات متساوية.

4-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسة يوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان, الذي يعتمد على تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

المفردات

- التفاعل العكسي
- الاتزان الكيميائي
- قانون الاتزان الكيميائي
- ثابت الاتزان
- اتزان متجانس
- اتزان غير متجانس

الأفكار الرئيسة

- يكون التفاعل في حالة اتزان إذا كانت سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.
- تعبير ثابت الاتزان هو نسبة التراكيز المولارية للمواد الناتجة إلى التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة؛ حيث ترفع هذه التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.

$$K_{eq} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

- تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة.

4-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسة عندما تطرأ تغييرات على نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.

المفردات

- مبدأ لوتشاتلييه

الأفكار الرئيسة

- يصف مبدأ لوتشاتلييه كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة لتغيُّر التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان، ولكن K_{eq} يبقى ثابتًا. والتغير في درجة الحرارة يغيّر الاثنين معًا: موضع الاتزان وقيمة K_{eq}.

4-3 استعمال ثوابت الاتزان

الفكرة الرئيسة يمكن استعمال تعبير ثابت الاتزان في حساب تراكيز المواد في التفاعل وذوبانيتها.

المفردات

- ثابت حاصل الذائبية
- الأيون المشترك
- تأثير الأيون المشترك

الأفكار الرئيسة

- يمكن حساب التراكيز عند الاتزان والذائبية باستعمال تعبير ثابت الاتزان.
- يصف K_{sp} الاتزان بين مركب أيوني قليل الذائبية وأيوناته في محلول.
- إذا كان الحاصل الأيوني Q_{sp} أكبر من K_{sp} عند خلط محلولين فسوف يتكون راسب.
- وجود الأيون المشترك في محلول يقلل ذائبية المادة المذابة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4-1

إتقان المفاهيم

33. صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متعاكستين.

34. إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تستعمل كلمة (ديناميكي) لوصف الاتزان الكيميائي؟

35. هل تمثل المعادلة الآتية اتزانًا متجانسًا أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.

$$H_2O_{(s)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$$

36. ما المقصود بموضع الاتزان؟

37. وضح كيفية كتابة تعبير ثابت اتزان.

38. لماذا يجب أن تعير انتباهك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان؟

39. لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عدديًّا أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان؟

40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن، إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟

41. كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيرة من النواتج، وفي الوقت نفسه يحتوي على كميات كبيرة من المتفاعلات؟ كيف يمكن أن تبرر K_{eq} لمثل هذا الاتزان؟

إتقان حل المسائل

42. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان متجانس فيما يأتي:

a. $2N_2H_{4(g)} + 2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

b. $2NbCl_{4(g)} \rightleftharpoons NbCl_{3(g)} + NbCl_{5(g)}$

43. افترض أن لديك مكعبًا من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه 5.25cm، وكتلته تساوي 1076.6 g، فما التركيز المولاري للمنجنيز في المكعب؟

44. قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftharpoons C$ تساوي 3.63، يوضح الجدول 5-4 تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدد ما إذا كان التفاعلان في حالة اتزان.

الجدول 5-4 تراكيز A وB وC

A (mol/L)	B (mol/L)	C (mol/L)
0.500	0.621	0.700
0.250	0.525	0.250

45. إذا مرَّ بخار ماء من خلال برادة حديد ينتج أكسيد الحديد III الصلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي، اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل الذي ينتج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين.

4-2

إتقان المفاهيم

46. ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعلٍ ما عند الاتزان؟

47. كيف يصف مبدأ لوتشاتلييه استجابة الاتزان للإجهاد؟

48. لماذا يسبب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟

49. عند إزاحة الاتزان نحو اليمين، ماذا يحدث لكل من:

a. تراكيز المتفاعلات

b. تراكيز النواتج

50. كيف يمكن للتغيرات الآتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين؟

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + \text{حرارة}$$

a. إضافة CO

b. خفض درجة الحرارة

c. إضافة عامل محفز

d. إزالة CH_3OH

e. تقليل حجم وعاء التفاعل

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

51. المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتلييه لشرح كيف أن إزاحة الاتزان الآتي:

$$H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

تسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحًا؟

52. فسر كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح في المعادلة الآتية؟

$$\text{حرارة} + PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

53. إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي على تفاعل الاتزان الآتي: حرارة $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

54. إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:

a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

b. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$

ففسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b؟

55. هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة في الاتزان الآتي؟ فسر إجابتك.

$$\text{حرارة} + PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

56. فسر كيف يمكن أن تنظم الضغط لتعزز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي؟

$$MgCO_{3(s)} \rightleftharpoons MgO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

57. يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة:

$$\text{حرارة} + C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)}$$

كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

a. تزيد كمية الإيثان الناتج.

b. تقلل تركيز الإيثيلين.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.

4-3

إتقان المفاهيم

58. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيونًا مشتركًا؟ اذكر مثالاً يوضح ذلك.

59. لماذا لا تعطى بعض المركبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{sp}؟

60. الأشعة السينية لماذا يعد استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرض للأشعة السينية؟ علمًا أنه عند درجة حرارة 26°C فإن 37.5 g من $BaCl_2$ يمكن أن تذوب في 100 mL من الماء؟

61. فسر ما يحدث في **الشكل 23-4** اعتمادًا على Q_{sp} و K_{sp}.

62. صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لهما $Q_{sp} = K_{sp}$، هل يتكون راسب؟

إتقان حل المسائل

63. اكتب تعبير K_{sp} لكرومات الرصاص $PbCrO_4$، واحسب ذائبية بوحدة mol /L، علمًا أن $k_{sp} = 2.3 \times 10^{-13}$.

64. K_{sp} لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-8}. اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذائبية فلوريد الإسكانديوم في الماء. ما تركيز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد 0.076 M؟

65. هل يتكون راسب عند خلط 62.6 mL من $CaCl_2$ الذي تركيزه 0.0322 M مع 31.3 mL من NaOH الذي تركيزه 0.0145 M؟ استعمل البيانات الموجودة في **الجدول 4-4**. وضح إجابتك.

66. صناعة إيثانوات الإيثيل $CH_3COOCH_2CH_3$ مذيب يستعمل في صناعة الورنيش، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض الإيثانويك (الخليك). يمكن وصف الاتزان بالمعادلة الآتية:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية:

$[CH_3COOCH_2CH_3] = 2.90$ M; $[CH_3COOH] = 0.316$ M;

$[CH_3CH_2OH] = 0.313$ M; $[H_2O] = 0.114$ M

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

مراجعة عامة

67. تنتج إيثانوات الإيثيل $CH_3COOCH_2CH_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟

68. كيف يتأثر كل اتزان مما يأتي بانخفاض درجة الحرارة؟

a. $2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2(g)} +$ حرارة

b. $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)} +$ حرارة

69. كيف يتأثر كل اتزان مما يأتي بارتفاع كل من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه؟

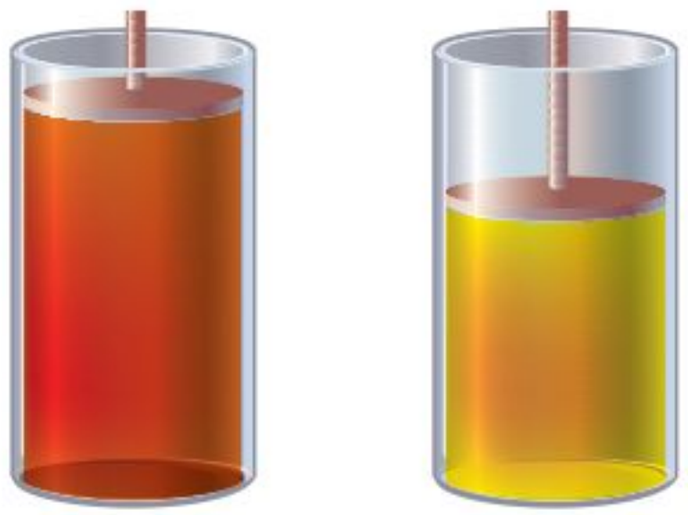
a. $2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2(g)} +$ حرارة

b. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} +$ حرارة

70. ثابت حاصل الذائبية لزرنيخات الرصاص II $Pb_3(AsO_4)_2$ هو 4.0×10^{-36} في درجة حرارة 298 K. احسب الذائبية بوحدة mol / L لهذا المركب عند درجة الحرارة نفسها.

71. صحح الجملة الآتية: القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء.

72. في نظام الاتزان $N_2O_{4\,(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$، لون NO_2 بني غامق. فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل 22-4.



الشكل 22-4

73. إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يُقلل من تركيز أيونات الألومنيوم. اكتب معادلة اتزان الذائبية وتعبير ثابت حاصل الذائبية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم.

التفكير الناقد

74. تحليل افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معينة K_{eq} له تساوي 1.000، فما احتمال أن هذا النظام يتكون من 50% متفاعلات و50% نواتج؟ فسر إجابتك.

75. تطبيق يستعمل تنشق الأملاح أحيانًا لإعادة إنعاش شخص فاقد للوعي؛ إذ تتكون هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم. فإذا كانت معادلة تفكك كربونات الأمونيوم الماص للحرارة هي: $(NH_4)_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$ فهل تتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولاً في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسر إجابتك.

76. إذا علمت أنّ K_{sp} ليوديدات الكادميوم $Cd(IO_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة 298 K، فما تركيز (mol /L) كل من أيونات الكادميوم وأيونات اليوديدات في محلول مشبع مع يوديدات الكادميوم عند درجة حرارة 298 K؟

77. تفسير البيانات أي المركبات يترسب أولاً إذا تمت إضافة محلول فلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.500M بشكل تدريجي إلى محلول يحتوي على تركيز 0.500M من كل من أيونات الباريوم والماغنسيوم؟ استعمل الجدول **6-4** واكتب معادلات اتزان الذائبية وتعابير ثابت حاصل الذائبية لكلا المركبين. فسر إجابتك.

الجدول 6 – 4 بيانات المركبين

المركب	الكتلة المولية g/mol	الذائبية عند 25°C g/L
BaF_2	175.33	1.1
MgF_2	62.30	0.13

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

78. السبب والنتيجة افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم، وفسر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كل مركب في الخليط.

79. قارن أي المادتين الصلبتين: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذائبية مولارية أكبر؟

إذا علمت أن $K_{sp}\,Ca_3(PO_4)_2 = 1.2 \times 10^{-29}$ و $K_{sp}\,FePO_4 = 1.0 \times 10^{-22}$، فأيهما له ذائبية g/L أعلى؟

مسألة تحفيز

80. تحضير الفوسجين الفوسجين $COCl_2$ غاز سام يستعمل في تصنيع بعض الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية. ويمكن تحضيره بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة:

$$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$$

بداية وضع 1.0000 mol من كلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد أنَّ تركيز كل منهما 0.0086 mol /L. ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما K_{eq} للنظام؟

مراجعة تراكمية

81. عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

82. مركب جديد تخيل أنك عالم، وقد قمت بتركيب سائل فريد وجديد وأسميته يولان ومختصره يو. يولان سائل غير سام، وتحضيره غير مكلف، وله القدرة على إذابة كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وفق معادلة الاتزان: $CO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_2(yo),\ K_{eq} = 3.4 \times 10^6$.

83. اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة العالمي.

84. عسر الماء يسبب وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء عسره. بالاعتماد على الذائبية فسر لماذا يعد وجود هذين الأيونين أحيانًا غير مرغوب فيه. ثم أوجد الطرائق التي يمكن اتخاذها للحد من وجودهما.

أسئلة المستندات

التلوث تحتوي عوادم السيارات على الملوثات الخطرة: أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO. ويمكن أن تقلل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي بتمريرهما فوق سبيكة (عامل محفز). عندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفز ينشأ الاتزان الآتي:

$$2NO_{(g)} + 2CO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2CO_{2(g)}$$

ويتأثر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة، كما هو موضح في الجدول 7-4.

جدول 7-4 K_{eq} مقابل درجة الحرارة

1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{45}	4.66×10^{54}	1.04×10^{66}	9.10×10^{97}

85. اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان.

86. ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة. استعمل مبدأ لوتشاتلييه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الأمامي ماصًّا أم طاردًا للطاقة.

87. فسر كيف يمكن أن يساعد الراديتر (مبرد المحرك) المطلي بالسبيكة على تقليل تركيز NO و CO في الغلاف الجوي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟

a. لا يوجد ناتج جديد يتكون بفعل التفاعل الأمامي.

b. لا يحدث التفاعل العكسي في النظام.

c. تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج.

d. سرعة حدوث التفاعل الأمامي تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي.

2. يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $S_2O_8^{-2}$ وأيونات اليوديد I^- لأنه يسير ببطء كافٍ لقياس سرعته.

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq) + I_{2(aq)}$$

تم تحديد رتبة هذا التفاعل في المختبر لتكون الرتبة الأولى في $S_2O_8^{-2}$ والرتبة الأولى في I^- . ما قانون السرعة الكلي لهذا التفاعل؟

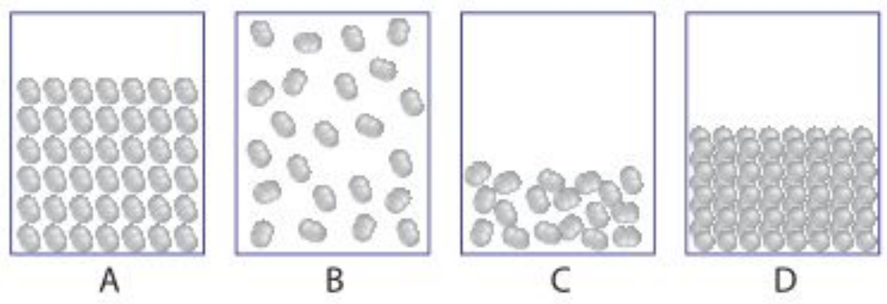
a. $R = k[S_2O_8^{2-}]^2[I^-]$

b. $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]$

c. $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]^2$

d. $R = k[S_2O_8^{2-}]^2[I^-]^2$

استعمل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3.



3. أي الرسوم الأربعة يبين المادة التي لها أضعف قوى بين الجزيئات؟

a. A

b. B

c. C

d. D

4. أي أنواع القوى بين الجزيئات ينتج عن عدم توازن مؤقت في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة؟

a. الروابط الأيونية

b. قوى التشتت

c. قوى ثنائية القطب

d. الروابط الهيدروجينية

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7 .

بيانات التركيز للاتزان الآتي

$MnCO_3(s) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (عند 298 K)

المحاولة	$[Mn^{2+}]$ الابتدائي	$[CO_3^{2-}]$ الابتدائي	$[Mn^{2+}]$ عند الاتزان	$[CO_3^{2-}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0100	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-9}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-9}	2.00×10^{-2}

5. ما قيمة K_{sp} لِـ $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298K؟

a. 2.24×10^{-11}

b. 4.00×10^{-11}

c. 1.12×10^{-9}

d. 5.60×10^{-9}

6. ما ذائبية $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298 K؟

a. $4.73 \times 10^{-6}M$

b. $6.32 \times 10^{-2}M$

c. $7.48 \times 10^{-5}M$

d. $3.35 \times 10^{-5}M$

7. عند خلط 50mL من K_2CO_3 الذي تركيزه $3.00 \times 10^{-6}M$ مع 50 mL من $MnCl_2$، سوف يتكون راسب من $MnCO_3$ فقط عندما يكون تركيز محلول $MnCl_2$ أكبر من:

a. $7.47 \times 10^{-6}M$

b. $1.49 \times 10^{-5}M$

c. $2.99 \times 10^{-5}M$

d. $1.02 \times 10^{-5}M$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

8. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان غير متجانس مما يأتي:

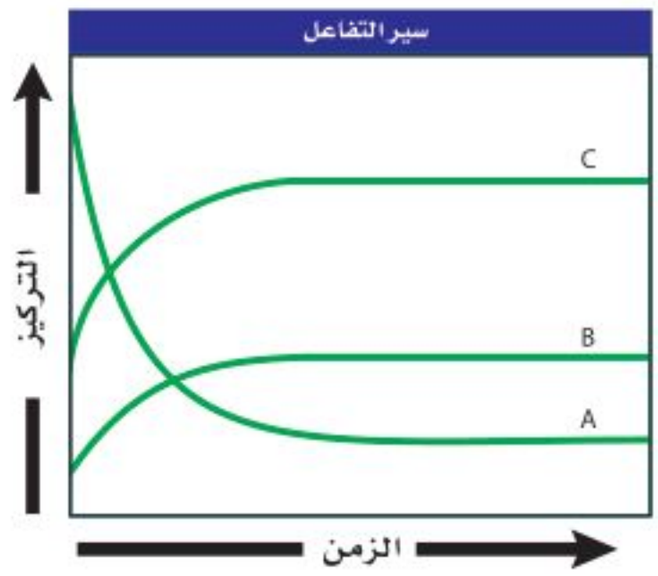
a. $2NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

b. $C_6H_{6(l)} \rightleftharpoons C_6H_{6(g)}$

9. ينتج عن تسخين الحجر الجيري $CaCO_{3(s)}$ الجير الحي $CaO_{(s)}$ وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. .صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان.

11. فسر لماذا لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا عند نهاية هذا التفاعل؟

12. صنف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(أ)

الاتـزان غيـر المتجانـس Heterogeneous Equilibrium حالة اتـزان تكون فيها المـواد المتفاعلة والنواتج في حالات فيزيائية مختلفة.

الاتـزان الكيميائـي Chemical Equilibrium حالـة التفاعل التي تكون عندها سـرعتا التفاعل الأمامي والخلفي متساويتان.

الاتـزان المتجانـس Homogeneous Equilibrium حالة اتـزان تكون فيها المـواد المتفاعلة والنواتج في الحالة الفيزيائية نفسها.

الأيـون المشـترك Common Ion أيـون مشـترك بين مادتين أيونيتين أو أكثر.

الانتشـار Diffusion انتقال مـادة من خلال أخرى من منطقة ذات تركيز مرتفع إلى منطقة ذات تركيز منخفض.

(ب)

بارومتر Barometer جهاز قياس الضغط الجوي.

باسكال Pascal وحدة دولية تستخدم لقياس الضغط.

(ت)

تأثيـر الأيـون المشـترك Common Ion Effect انخفاض الذوبانية بسبب وجود أيون مشترك.

التبخـر Vaporization التحـول إلى بخـار عند درجة حرارة الغرفة.

الترسـيب Precipitate تكون مـادة صلبة في أثناء تفاعل كيميائي.

التفاعـل الانعكاسـي Reversible Reaction التفاعـل الكيميائـي الـذي يحـدث فـي كلا الاتجاهيـن الطردي والعكسي.

تآصل (متآصل) Allotrope وجود شكل أو أكثر للعنصر بتراكيب وخصائص مختلفة بالحالة الفيزيائية نفسها: الصلبة أوالسائلة أوالغازية.

التوتـر السـطحي Surface Tension الطاقـة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين.

التبخر السـطحي Evaporation عملية تحول السـائل إلى بخار عند سطح السائل فقط.

التصـادم المـرن Elastic Collision تصادمات لاتفقد من خلالها الطاقة الحركية بل تنتقل من جسـيم لآخر ولكن يبقى متوسط الطاقة الحركية ثابتًا.

التكاثـف Condensation عمليـة تحـول البخار إلى سائل، وتنطلق في أثناء ذلك الطاقة.

(ث)

ثابـت الاتزان Equilibrium Constant القيمة العددية لنسبة تراكيز المواد الناتجة الى تراكيز المواد المتفاعلة ويرفع كل تركيز الى أس مسـاويًا للمعامل الخاص به في المعادلة الكيميائية الموزونة.

ثابـت حاصـل الذوبانيـة Solubility Product Constant ثابت اتـزان ذوبان مادة أيونية قليلة الذوبان في الماء.

ثابت السرعة Specific Rate Constant قيـمة عددية تـربـط بين تركـيز المتفـاعلات بسرعة التفاعل عند درجة حرارة معينة.

(ج)

الجول Joule الوحدة الدولية لقياس الطاقة والحرارة.

(ح)

الحـرارة Heat أحد أشكال الطاقة التي تنتقل من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الأقل برودة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

حرارة الاحتراق Enthalpy of Combustion كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مول واحد من المادة احتراقًا كليًا.

حرارة التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation التغير في المحتوى الحراري الذي يرافق تكوين مول واحد من مركب في الظروف القياسية من عناصره في حالته الطبيعية.

الحرارة المولارية للانصهار Molar Enthalpy (Heat) of Fusion كمية الحرارة التي يتطلبها تحويل مول واحد من المادة الصلبة إلى سائل.

الحرارة المولارية للتبخر Molar Enthalpy (Heat) of Vaporization كمية الحرارة اللازمة لتحويل مول واحد من المادةالسائلة إلى بخار.

الحرارة النوعية Specific Heat كمية الحرارة التي يتطلبها رفع درجة حرارة جرامًا واحدًا من المادة درجة سليزية واحدة.

(د)

درجة الانصهار Melting Point الدرجة التي يتحول عندها الجسم الصلب إلى سائل.

درجة الحرارة Temperature معدل الطاقة الحركية لجزيئات المادة.

درجة التجمد Freezing Point درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب متبلور.

درجة الغليان Boiling Point درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي الخارجي.

(ر)

الرابطة الهيدروجينية Hydrogen Bond رابطة تنشأ بين الجزيئات التي تحتوي ذرات هيدروجين متحدة بذرات ذات كهروسالبية عالية كالنيتروجين والفلور والأكسجين.

رتبة التفاعل Reaction Order تبين كيف تتأثر سرعة التفاعل بمادة معينة.

(س)

سرعة التفاعل الكيميائي Reaction Rate التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.

السُعر Calorie كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية واحدة.

(ص)

صلب غير متبلور Amorphous Solid مادة صلبة، الجسيمات فيها غير مرتبة بنمط معين، تتكون أحيانًا عندما تبرد المادة الذائبة بسرعة لتكوين بلورات.

(ض)

الضغط Pressure القوة الواقعة على وحدة المساحة.

ضغط البخار Vapor Pressure الضغط الناشيء عن البخار فوق سطح السائل.

(ط)

الطاقة Energy القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.

طاقة التنشيط Activation Energy الحد الادنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

طاقة الوضع الكيميائية Chemical Potential Energy الطاقة المخزونة في المادة والناجمة عن تركيبها.

(ع)

عامل خافض للتوتر السطحي Surfactant مركب، كالصابون، يعمل على تقليل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

(ق)

قانون الاتزان الكيميائي Law Of Chemical Equilibrium ينص على أن النظام الكيميائي يمتلك نسبة محددة من النواتج والمتفاعلات عند درجة حرارة معينة.

قانون سرعة التفاعل Rate Law مقدار تغير تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة في وحدة الزمن.

قانون هس Hess's Law تغير الطاقة في تفاعل كيميائي يساوي مجموع التغيرات في طاقة التفاعلات الفردية المكونة له.

قوى التشتت Dispersion Forces القوى الضعيفة الناتجة عن التغير في كثافة الإلكترونات في السحابة الإلكترونية.

القوى ثنائية القطب Dipole—Dipole Forces قوة التجاذب بين مناطق مختلفة الشحنة في الجزيئات القطبية.

قانون جراهام لانتشار الغازات Graham's Law Of Effusion ينص على أن معدل سرعة انتشار جزيئات الغاز يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي لكتلة الغاز المولية.

قانون حفظ الطاقة Law Of Conservation Of Energy ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل إلى آخر.

قانون دالتون للضغوط Dalton's low of Partial Pressures الضغط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات التي في الخليط.

(ك)

الكون Universe عبارة عن النظام مع المحيط.

الكيمياء الحرارية Thermochemistry تدرس تغيرات الحرارة التي ترافق التفاعلات الكيميائية وتغيرات الحالة الفيزيائية.

(ل)

اللزوجة Viscosity قياس مقاومة السائل للجريان، والتي تتأثر بأحجام وأشكال الجسيمات ، وتزداد بانخفاض درجة الحرارة، وزيادة القوى بين الجزيئية للسائل.

(م)

مادة صلبة غير بلورية Amorphous Solid هي المادة التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات.

المانومتر Manometer أداة تستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور.

مبدأ لوتشاتلييه Le Châtelier's Principle عند وقوع قوة خارجة على نظام يقوم ذلك النظام بالاتجاه نحو الطرف الذي يعمل على امتصاص تأثير القوة.

المثبّط Inhibitor مادة تؤدي إلى إبطاء سرعة التفاعل.

المحتوى الحراري Enthalpy المحتوى الحراري للنظام تحت ضغط ثابت.

المحتوى الحراري (أو حرارة) التفاعل Enthalpy (heat) of Reaction كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في التفاعل الكيميائي.

المحفّز Catalyst مادة كيميائية تضاف إلى التفاعل الكيميائي فتزيد من سرعته دون أن تتأثر كيميائيًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المحيط Surroundings كل شيء في الكون غير النظام.

المسعر Calorimeter جهـاز معزول حراريًا يسـتخدم لقيـاس كمية الحرارة الممتصـة أو المنطلقة في أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية.

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation معادلـة كيميائية موزونة تشـتمل على حالات المواد، والتغير في الطاقة.

المعقد المنشط Activated Complex مجموعة من الذرات فترة بقائها معًا قصيـرة جدًّا قد ينتج عنها النواتج أو قد تعود إلى صورة المتفاعلات.

مادة صلبة بلورية Crystalline Solid مـادة صلبة تترتب ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها في شكل هندسي ثلاثي الأبعاد.

مخطط الحالة الفيزيائية Phase Diagram رسـم بياني للضغط مقابل درجة الحـرارة يبين الحالة التي توجد عليهـا المادة تحت الظروف المختلفـة من الضغط ودرجة الحرارة.

(ن)

النظام System جزء معين من الكون يحتوى على التفاعل أو العملية المراد دراستها.

نظرية التصادم Collision Theory تنص على وجوب اصطدام الجزيئات، الأيونات أو الذرات لحدوث التفاعل.

نظرية دالتون الجزئية Dalton's Law Of Partial Pressures الضغـط الكلي لمزيج من الغازات يسـاوي مجموع الضغوط الجزئية لكل منها.

النقطة الثلاثية Triple Point نقطـة علـى مخطط الحالـة الفيزيائية تمثل الضغط ودرجـة الحرارة التي توجد عندها المادة في الحالات الثلاث معًا وفي الوقت نفسه.

النقطة الحرجة Critical Point نقطـة على مخطط الحالـة الفيزيائية تمثل كلاً من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة.

(و)

وحدة البناء Unit Cell أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

جداول مرجعية

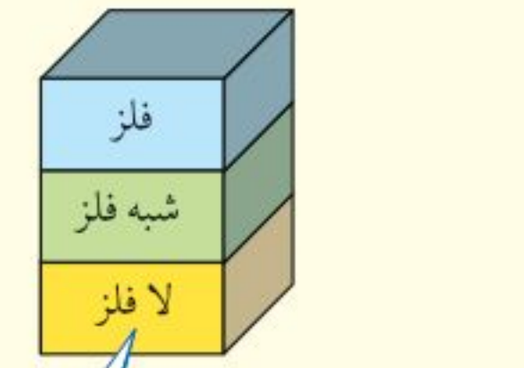
قيم حرارة التكوين لبعض المواد

ΔH_f° (kJ/mol) (تراكيز المحاليل المائية لهذه المواد يساوي 1M)

المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°
Ag(s)	0	CsCl(s)	−443.0	H_3PO_4(aq)	−1271.7	NaBr(s)	−361.1
AgCl(s)	−127.0	Cs_2SO_4(s)	−1443.0	H_2S(g)	−20.6	NaCl(s)	−411.2
AgCN(s)	146.0	CuI(s)	−67.8	H_2SO_3(aq)	−608.8	$NaHCO_3$(s)	−950.8
Al_2O_3	−1675.7	CuS(s)	−53.1	H_2SO_4(aq)	−814.0	$NaNO_3$(s)	−467.9
$BaCl_2$(aq)	−855.0	Cu_2S(s)	−79.5	$HgCl_2$(s)	−224.3	NaOH(s)	−425.8
$BaSO_4$	−1473.2	$CuSO_4$(s)	−771.4	Hg_2Cl_2(s)	−265.4	Na_2CO_3(s)	−1130.7
BeO(s)	−609.4	F_2(g)	0	Hg_2SO_4(s)	−743.1	Na_2S(s)	−364.8
$BiCl_3$(s)	−379.1	$FeCl_3$(s)	−399.49	I_2(s)	0	Na_2SO_4(s)	−1387.1
Bi_2S_3(s)	−143.1	FeO(s)	−272.0	K(s)	0	NH_4Cl(s)	−314.4
Br_2	0	FeS(s)	−100.0	KBr(s)	−393.8	O_2(g)	0
CCl_4(l)	−128.2	Fe_2O_3(s)	−824.2	$KMnO_4$(s)	−837.2	P_4O_6(s)	−1640.1
CH_4(g)	−74.6	Fe_3O_4(s)	−1118.4	KOH	−424.6	P_4O_{10}(s)	−2984.0
C_2H_2(g)	227.4	H(g)	218.0	LiBr(s)	−351.2	$PbBr_2$(s)	−278.7
C_2H_4(g)	52.4	H_2(g)	0	LiOH(s)	−487.5	$PbCl_2$(s)	−359.4
C_2H_6(g)	−84.0	HBr(g)	−36.3	Mn(s)	0	SF_6(g)	−1220.5
CO(g)	−110.5	HCl(g)	−92.3	$MnCl_2$(aq)	−555.0	SO_2(g)	−296.8
CO_2(g)	−393.5	HCl(aq)	−167.159	$Mn(NO_3)_2$(aq)	−635.5	SO_3(g)	−454.5
CS_2(l)	89.0	HCN(aq)	108.9	MnO_2(s)	−520.0	SrO(s)	−592.0
Ca(s)	0	HCHO	−108.6	MnS(s)	−214.2	TiO_2(s)	−944.0
$CaCO_3$(s)	−1206.9	HCOOH	−425.0	N_2(g)	0	TlI(s)	−123.8
CaO(s)	−634.9	HF(g)	−273.3	NH_3(g)	−45.9	UCl_4(s)	−1019.2
$Ca(OH)_2$(s)	−985.2	HI(g)	26.5	NH_4Br(s)	−270.8	UCl_6(s)	−1092.0
Cl_2(g)	0	H_2O(l)	−285.8	NO(g)	91.3	Zn(s)	0
Co_3O_4(s)	−891.0	H_2O(g)	−241.8	NO_2(g)	33.2	$ZnCl_2$(aq)	−415.1
CoO(s)	−237.9	H_2O_2(l)	−187.8	N_2O(g)	81.6	ZnO(s)	−350.5
Cr_2O_3(s)	−1139.7	H_3PO_2(l)	−595.4	Na(s)	0	$ZnSO_4$(s)	−982.8

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزًّا أو شبه فلز أو لافلزًّا.

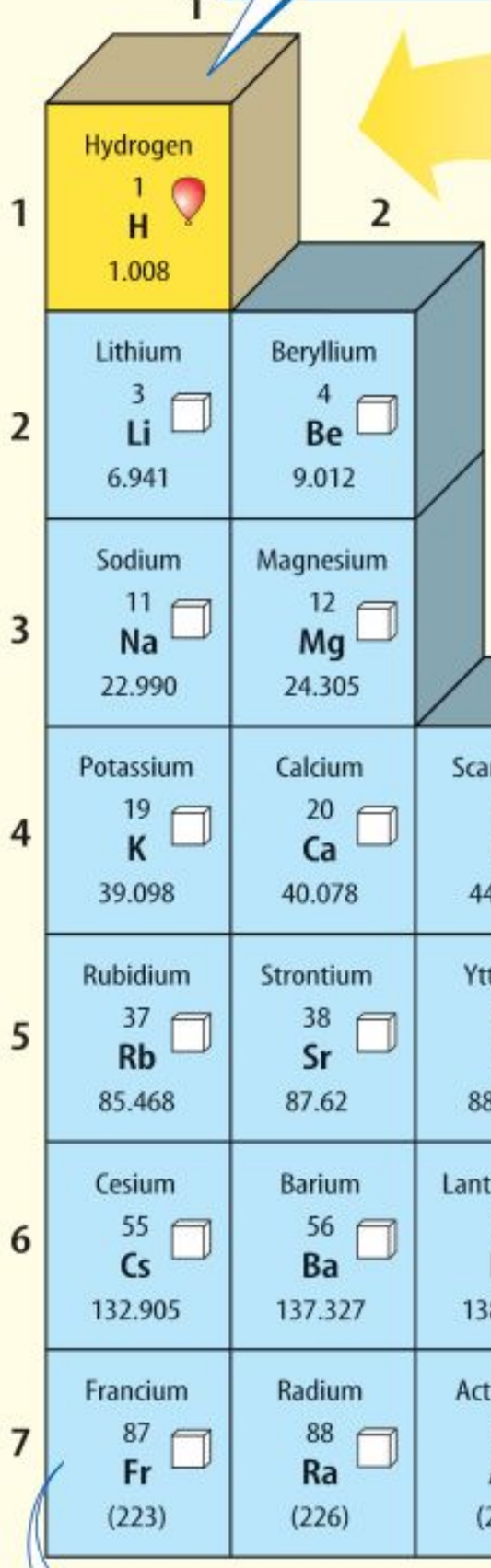
10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 He 4.003
			Boron 5 B 10.811	Carbon 6 C 12.011	Nitrogen 7 N 14.007	Oxygen 8 O 15.999	Fluorine 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
			Aluminum 13 Al 26.982	Silicon 14 Si 28.086	Phosphorus 15 P 30.974	Sulfur 16 S 32.065	Chlorine 17 Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
Nickel 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 (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennessine 117 Ts 294.211	Oganesson 118 Og 294.214

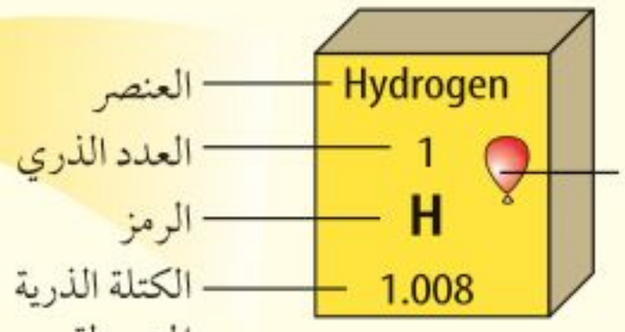
Europium 63 Eu 151.964	Gadolinium 64 Gd 157.25	Terbium 65 Tb 158.925	Dysprosium 66 Dy 162.500	Holmium 67 Ho 164.930	Erbium 68 Er 167.259	Thulium 69 Tm 168.934	Ytterbium 70 Yb 173.04	Lutetium 71 Lu 174.967
Americium 95 Am (243)	Curium 96 Cm (247)	Berkelium 97 Bk (247)	Californium 98 Cf (251)	Einsteinium 99 Es (252)	Fermium 100 Fm (257)	Mendelevium 101 Md (258)	Nobelium 102 No (259)	Lawrencium 103 Lr (262)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

جداول مرجعية

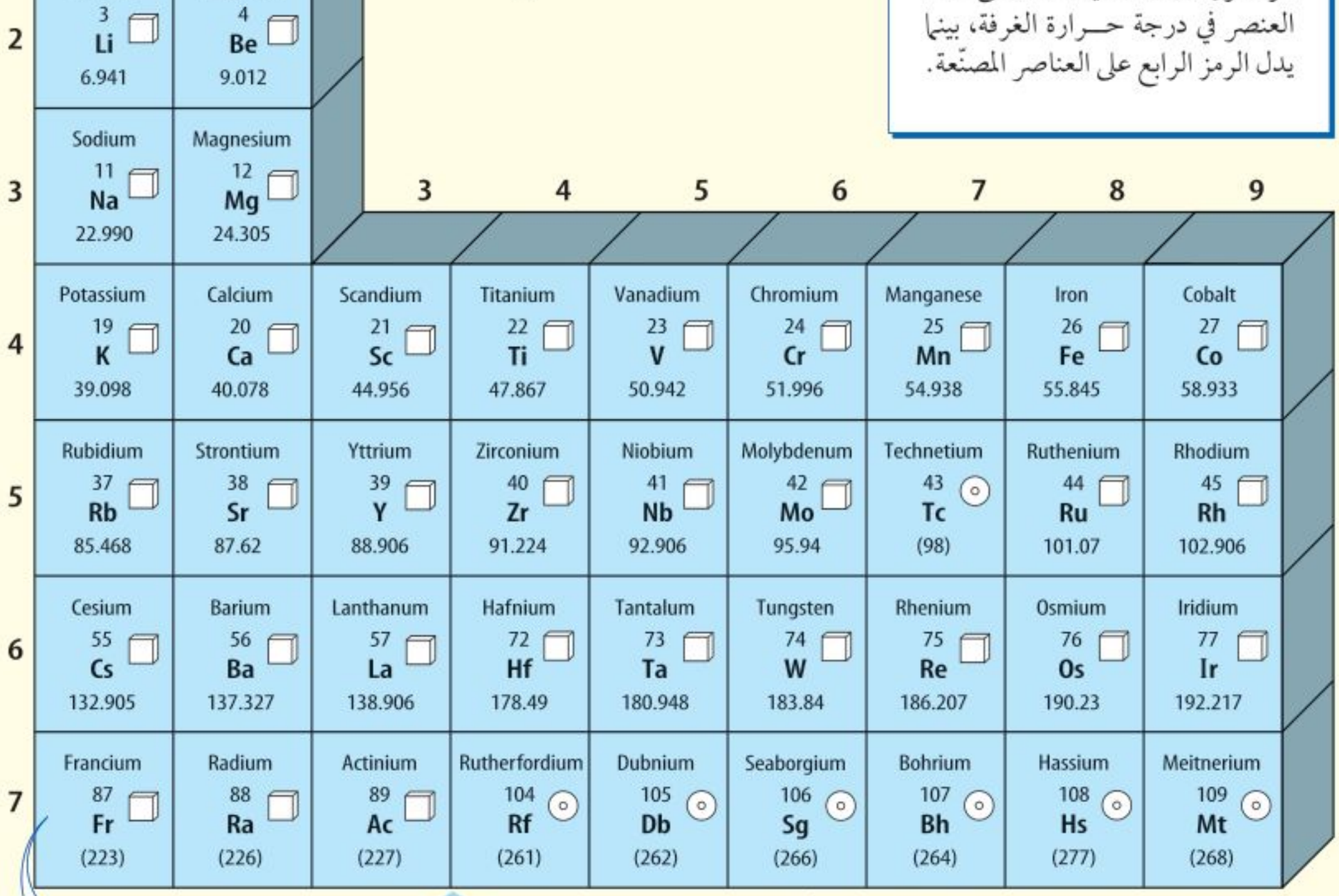
العناصر في كل عمود تسمى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.



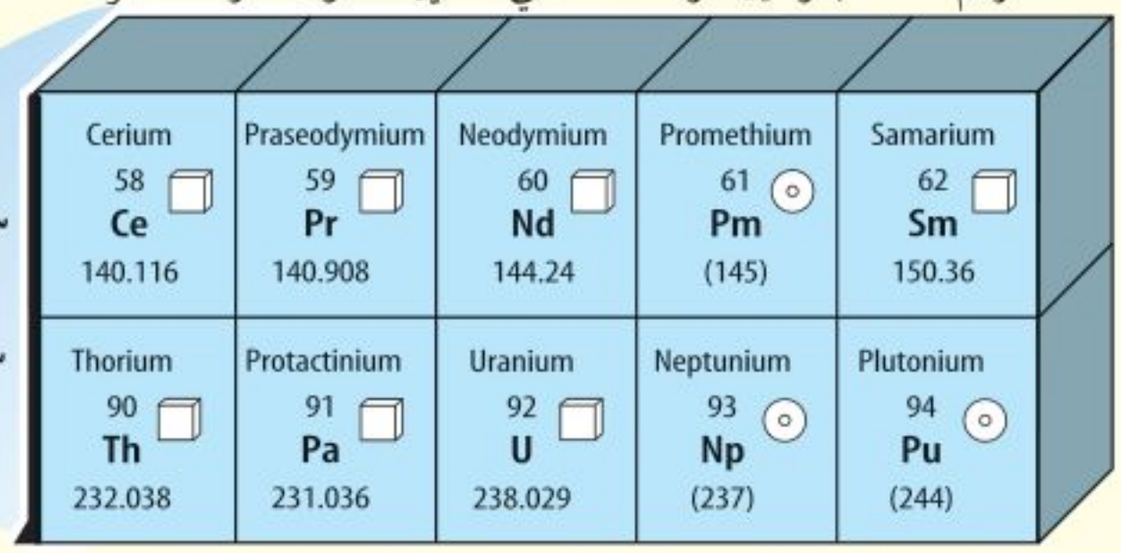


غاز
سائل
صلب
مُصنّع

الرمـوز الثلاثة العليا تـدل على حالة العنصر في درجة حـرارة الغرفة، بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنّعة.



الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.



صفوف العناصر الأفقية تسمى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيرًا للمكان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الثالث

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟ 415

الفصل 1

الهيدروكربونات 418

1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات 420

1-2 الألكانات 426

1-3 الألكينات والألكاينات 436

1-4 متشكلات الهيدروكربونات 443

1-5 الهيدروكربونات الأروماتية 449

كيف تعمل الأشياء؟ تحويل المخلفات إلى طاقة 455

الفصل 2

مشتقات المركبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها 466

2–1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل 468

2–2 الكحولات والإيثرات والأمينات 474

2–3 مركبات الكربونيل 478

2–4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية 484

2–5 البوليمرات 491

الكيمياء في الحياة اليومية: الثوم 497

الفصل 3

المركبات العضوية الحيوية 508

3–1 البروتينات 510

3–2 الكربوهيدرات 516

3–3 الليبيدات 519

3–4 الأحماض النووية 524

في الميدان: المهنة: عالم البيولوجيا الجزيئية 528

الفصل 4

الغازات 538

4–1 قوانين الغازات 540

4–2 قانون الغاز المثالي 551

4–3 الحسابات المتعلقة بالغازات 559

الكيمياء والصحة: الصحة والضغط 564

الملاحق

المصطلحات 574

الجدول الدوري للعناصر 580

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

هذا الكتـــاب ليس كتابًا أدبيًّا أو رواية خيالية، بل يصف ظواهر ونظريات وقوانيـــن وحقائق علمية، ويربطها بحياة الناس، وتطبيقات تقنية؛ لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم والمعلومات. وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته:

قبـــل أن تقـــرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة والتجربة الاســـتهلالية ؛ فهي تـــزودك بنظرة عامـــة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصـــل فكرة عامة تقدم صورة شـــاملة عنه.

ولكل قســـم من أقســـام الفصل فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

الفصل 1
الهيدروكربونات
Hydrocarbons

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

1-2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

1-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

1-4 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

1-5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تتشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

حقائق كيميائية

- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نفط يوميًّا من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواد خامًا لكثير من المنتجات، ومنها الدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.

418

يبدأ كل فصل بتجربة اســـتهلالية تقـــدم المادة التي يتناولها. نفذ التجربة الاستهلالية، لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟

تتكـــون الهيدروكربونات مـــن ذرات كربـــون وهيدروجين. وتحتـــوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونـــات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكوّن أربع روابط تساهمية.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخـــدم مجـــموعات النماذج الجزيئيـــة (الكرات والوصـــلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مرتبطتين برابطة أحادية، على أن تمثّـــل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعـــة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.
3. صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكـــرات التي تمثل ذرات الكربـــون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعًا.
4. كرّر الخطوتين 2 ، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرّتي كربون كحد أقصى.

تحليل النتائج

1. **اعمل** جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.
2. **صف** كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.
3. **حلل النمط** الذي تتغير فيه نسبة ازدياد عدد ذرات الكربون إلى عـــدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.

استقصاء كيف تتأثر الصيغة الجزيئية عندما ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

المطويات منظمات الأفكار

المركبات الهيدروكربونية

اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونية باتباع الخطوات الآتية:

خطوة 1 اثنِ ثلاث أوراق من منتصفها بصورة أفقية، ثم أمسك بورقتين معًا، واقطع خط الثني بطول 3 cm.

خطوة 2 أمسك الورقة الثالثة، واقطع على طول خط الثني، واترك آخر 3 cm دون قطع.

خطوة 3 أدخل أول ورقتين خلال القطع في الورقة الثالثة، لعمل سجلّ من 12 صفحة، وعنونه بـ "المركبات الهيدروكربونية".

استعمل هذه المطوية في الأقسام 1-2 ، 1-3 ، 1-4 ، 1-5 من هذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقسام سجّل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميّزة، وأمثلة من واقع الحياة.

419

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفّح الصور والرسوم والتعليقات والجداول.
- ابحث عـــن المفردات البـــارزة والمظللـــة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باســـتخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

عندما تقرأ

ستجد في كل قسم أداة تعمِّق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، وأدوات أخرى لاختبار مدى استيعابك لها.

1–1

الأهداف

- توضح المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.
- تعيّن الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها.
- تفرّق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
- تصف مصدر الهيدروكربونات وكيفية فصلها.

مراجعة المفردات

مخلوق حي دقيق (microorganism): مخلوق حي صغير جدًّا لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

المفردات الجديدة

المركب العضوي
الهيدروكربونات
الهيدروكربون المشبع
الهيدروكربون غير المشبع
التقطير التجزيئي
التكسير الحراري

مقدمة إلى الهيدروكربونات

Introduction to Hydrocarbons

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فتقل وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

الربط مع الحياة عندما تركب سيارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

المركبات العضوية Organic Compounds

عرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها – النباتات والحيوانات – في الشكل 1-1 تُنتج قدرًا هائلاً ومتنوعًا من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية).

عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات ـ بما فيها تلك المصنّعة من المخلوقات الحية ـ تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معًا بتراكيب محدّدة. وقد تمكنوا أيضًا من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء – خطأً – أن عدم مقدرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائدٌ إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقًا لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيوية" غامضة، تمكّنها من تركيب مركبات الكربون.

دحض فكرة القوة الحيوية كان فريدريك فوهلر Friedrich Wöhler (1800–1882م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهلر على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حثت كيميائيين أوربيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيرًا ثبت بُطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.

الشكل 1-1 خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية. ويهب لها القدرة أن تنتجها أيضًا.

حدد مركبين عضويين درستهما سابقًا.

420

› الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع الواقع.

› الأمثلة المحلولة تنقلك تدريجيًّا إلى حل مسائل في الكيمياء. عزّز المهارات التي اكتسبتها بحل التدريبات.

المجموعات البديلة أصغرَ أرقام ممكنة.

الخطوة 3. سمِّ كل مجموعة ألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسة.

الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها متفرعًا عن السلسلة الرئيسة فاستخدم بادئة (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.

الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسة نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تُؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.

الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، مستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغًا بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسة.

مثال 1-1

تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمِّ الألكان المبيَّن في الشكل أدناه.

1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. اتبع قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتحديد اسم السلسلة الرئيسة وأسماء التفرعات ومواقعها في الشكل المعطى.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

الخطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة. ورقّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو مُوضَّح أدناه. مبتدئًا من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و5. ولأن أرقام المواقع 3 و4 و5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.

430

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- اربط المعلومات التي درستها في هذا الكتاب مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع أحداثًا ونتائج من خلال توظيف المعلومات التي تعرفها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ وتجمع معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الكيمياء؟

بعدما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة لتقويم مدى فهمك لما درسته.

أُنشئ نظام تصنيف رقم الأوكتان (منع الفرقعة)، للجازولين في أواخر العشرينات، مما أدى إلى إدراج رقم الأوكتان على مضخات الجازولين كما في **الشكل 8-1**. فللجازولين المتوسط الدرجة رقم أوكتان يقارب 89، في حين للجازولين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتُحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضًا. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف رقم الأوكتان على مضخات الجازولين 91، 95.

الربط مع علم الأرض وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استُخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصّة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake –في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط– بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيرًا.

الشكل 8-1 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) فالتصنيف لجازولين السيارات المتوسط الدرجة 89. أما 91 و 95 وأكثر يصنف على انه ممتاز.

وفي المملكة العربية السعودية هناك نوعين من الجازولين كما في الصورة. ويتم التعرف على النوع المناسب 91 أو 95 للسيارة من دليل السيارة.

والرقم الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فرقمه الأوكتاني 110.

التقويم 1-1

الخلاصة

- تحتوي المركّبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مركبات عضوية تتألف من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوّناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1. **الفكرة الرئيسة** **اذكر** ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
2. **سمِّ** مركّبًا عضويًّا، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
3. **حدِّد** المعلومات التي تركز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
4. **قارن** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استنتج** توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهَدْرَجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
7. **فسر البيانات** اعتمادًا على الشكل 6-1. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات – في لزوجة أي مكوّن نفطي عندما يُبرَّد إلى درجة حرارة الغرفة؟

425

يختتم كل قسم بتقويم يحتوي على خلاصة وأسئلة. الخلاصة تراجع المفاهيم الرئيسة، بينما تختبر الأسئلة فهمك لما درسته.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة العامة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

المفردات
- التركيب الخطي
- الهيدروكربون المشبع
- الهيدروكربون غير المشبع
- التكسير الحراري
- التقطير التجزيئي
- الهيدروكربون

المفاهيم الرئيسة
- تحتوي المركبات العضوية على الكربون؛ إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1-2 الألكانات

الفكرة العامة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

المفردات
- السلسلة المتماثلة
- السلسلة الرئيسة
- المجموعة البديلة
- الألكان
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

المفاهيم الرئيسة
- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.

1-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة العامة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة، وأما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

المفردات
- الألكاين
- الألكين

المفاهيم الرئيسة
- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

457

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

طرائق أخرى للمراجعة

- اكتب الفكرة العامة.
- اربط الفكرة الرئيسة مع الفكرة العامة
- استعمل كلماتك الخاصة لتوضح ما قرأت.
- وظف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها للبحث عن مزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

الهيدروكربونات
Hydrocarbons

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدرًا للطاقة والمواد الخام.

1-2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

1-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية واحدة على الأقل. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

1-4 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

1-5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات، بسبب بنائها الحلقي حيث تتشارك الإلكترونات في عدد من الذرات.

حقائق كيميائية

- المصدر الرئيس للهيدروكربونات هو النفط (البترول).
- يتم ضخ حوالي 75 مليون برميل نفط يوميًّا من جوف الأرض.
- تُستخدم الهيدروكربونات في الوقود، كما تعد مواد خامًّا لكثير من المنتجات، ومنها اللدائن (البلاستيك)، والألياف الصناعية، والمذيبات، والمواد الكيميائية الصناعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف يمكنك نمذجة الهيدروكربونات البسيطة؟

تتكــون الهيدروكربونات مــن ذرات كربــون وهيدروجين. وتحتــوي ذرة الكربون على أربعة إلكترونــات تكافؤ، لذا فإنها تستطيع أن تكوّن أربع روابط تساهمية.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات الســلامة في المختبر.
2. استخــدم **مجــموعات النماذج الجزيئيــة** (الكرات والوصــلات) لعمل نموذج بنائي من ذرتي كربون مرتبطتــين برابطة أحادية، على أن تمثَّــل كل ذرة كربون بكرة فيها أربعــة ثقوب، وكل ذرة هيدروجين بكرة فيها ثقب واحد.
3. صل ذرة هيدروجين في كل ثقب من الثقوب الشاغرة على الكــرات التي تمثل ذرات الكربــون، على أن يبلغ مجموع روابط كل ذرة كربون أربعًا.
4. كرّر الخطوتين 2 ، 3 لعمل نماذج من ثلاث وأربع وخمس ذرات كربون في كل مرة، على أن ترتبط كل ذرة كربون مع ذرّتي كربون كحد أقصى.

تحليل النتائج

1. **أعــدّ** جدولاً وأدرج فيه عدد ذرات الكربون والهيدروجين في كل نموذج بنائي.
2. **صف** كل نموذج بنائي بكتابة صيغته الجزيئية.
3. **حلِّل** النمط الذي تتغير فيه نسبة اتحاد عدد ذرات الكربون إلى عــدد ذرات الهيدروجين في كل صيغة جزيئية، ثم ضع صيغة عامّة للهيدروكربونات ذات الروابط الأحادية.

استقصاء كيف تتأثــر الصيغة الجزيئية عندمــا ترتبط ذرات الكربون بروابط ثنائية أو ثلاثية؟

المطويات
منظمات الأفكار

المركبات الهيدروكربونية

اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول المركبات الهيدروكربونيــة باتباع الخطوات الآتية:

خطــوة 1 اثــنِ ثــلاث أوراق من منتصفهــا بصورة أفقية، ثم أمســك بورقتين معًــا، واقطع خط الثني بطول 3 cm.

خطــوة 2 أمســك الورقة الثالثة، واقطــع على طــول خــط الثني، واترك آخِر 3 cm دون قطع.

خطــوة 3 أدخــل أول ورقتين خلال القطع في الورقــة الثالثــة، لعمــل سِجلّ مــن 12 صفحــة، وعنونــه بـ "الــمركبــات الهيدروكربونية".

المطويات **استعمل هــذه المطويــة في الأقســام 1–2 ، 1–3 ، 1–4 ، 1–5** مــن هــذا الفصل. وبعد قراءة هذه الأقســام سجّل سمات كل نوع من أنواع الهيدروكربونات وخصائصه وصفاته المميِّزة، وأمثلة من واقع الحياة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–1

الأهداف

- **توضح** المقصود بكل من المركب العضوي والكيمياء العضوية.
- **تعيِّن** الهيدروكربونات والنماذج المستخدمة لتمثيلها.
- **تفرِّق** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
- **تصف** مصدر الهيدروكربونات وكيفيّة فصلها.

مراجعة المفردات

مخلوق حي دقيق (microorganism): مخلوق حي صغير جدًّا لا يمكن رؤيته دون استعمال الميكروسكوب، ومن ذلك البكتيريا والأوليات.

المفردات الجديدة

المركب العضوي

الهيدروكربونات

الهيدروكربون المشبع

الهيدروكربون غير المشبع

التقطير التجزيئي

التكسير الحراري

مقدمة إلى الهيدروكربونات
Introduction to Hydrocarbons

الفكرة الرئيسة **الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.**

الربط مع الحياة عندما تركب سيّارة أو حافلة فإنك تستخدم الهيدروكربونات. فالجازولين والديزل اللذان يستخدمان في تسيير السيارات والشاحنات والحافلات من الهيدروكربونات.

المركبات العضوية Organic Compounds

عرف الكيميائيون في بداية القرن التاسع عشر أن المخلوقات الحية. ومنها – النباتات والحيوانات – في **الشكل 1–1** تُنتج قدْرًا هائلاً ومتنوعًا من مركبات الكربون. وأشار الكيميائيون إلى هذه المركبات بالمركبات العضوية؛ لأنها ناتجة عن مخلوقات حية (عضوية).

عندما قبلت نظرية دالتون في بداية القرن التاسع عشر بدأ الكيميائيون يفهمون حقيقة أن المركبات ـ بما فيها تلك المُصنّعة من المخلوقات الحية ـ تتألف من ذرات مرتبة ومرتبطة معًا بتراكيب محدّدة. وقد تمكنوا أيضًا من تصنيع الكثير من المواد الجديدة والمفيدة. ولكن، لم يتمكن العلماء من تصنيع المركبات العضوية. وبناءً على ذلك، استنتج الكثير من العلماء – خطأً – أن عدم مقدرتهم على تصنيع المركبات العضوية عائدٌ إلى القوة الحيوية (أو الحياتية Vitalism). ووفقًا لهذا المبدأ، فإن المخلوقات الحية (العضوية) لها "قوة حيويّة" غامضة، تمكّنها من تركيب مركبات الكربون.

دحض فكرة القوة الحيوية كان فريدريك فوهلر Friedrich WÖhler (1800–1882م) عالم الكيمياء الألماني أول من قام بتحضير مركب عضوي في المختبر. ولم تدحض تجربة فوهلر على الفور فكرة القوة الحيوية، ولكنها حثت كيميائيين أوربيين آخرين على القيام بسلسلة من التجارب المشابهة. وأخيرًا ثبت بُطلان الفكرة القائلة بأن تحضير المركبات العضوية يحتاج إلى قوة حيوية، وأدرك العلماء أن باستطاعتهم تحضير المركبات العضوية.

الشكل 1–1 خلق الله تعالى أجسام المخلوقات الحية من مجموعة مختلفة من المركبات العضوية، ووهب لها القدرة أن تنتجها أيضًا.

حدّد مركبين عضويين درستهما سابقًا.

الكيميـاء العضويـة يطلق مصطلح **المركب العضوي** اليوم عـلى المركبات التي تحتوي على الكربون ما عدا أكاسيد الكربون، والكربيدات والكربونات؛ حيث تعد مركبات غير عضوية. ونظرًا إلى وجـود الكثير من المركبات العضوية، خُصـص فرع كامل من فروع الكيمياء ـ سُـمِّي الكيمياء العضوية ـ لدراسة هذه المركبات. تذكر أن الكربون عنصر يقع في المجموعة 14 من الجدول الدوري، كما في **الشكل 2-1**. ويظهر من التوزيع الإلكتروني للكربـون $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$ أنه يشـارك دائمًا بإلكتروناته، ويكوّن أربع روابط تسـاهمية. في المركبات العضوية تتحـد ذرات الكربون مع ذرات الهيدروجين، أو ذرات عناصر أخرى تقع قريبة من الكربون في الجدول الدوري، وخصوصًا النيتروجين والأكسجين والكبريت والفوسفور والهالوجينات.

تتحد ذرات الكربون أيضًا مع ذرات كربون أخرى، وتكوّن سلاسـل تتراوح أطوالها بين ذرتين إلى آلاف الذرات مـن الكربون. ولأن الكربون يكوّن أيضًا أربع روابط فإنه يكوّن مركبات في صورة تراكيب معقدة: سلاسـل متفرعة، وتراكيب حلقية، وتراكيب شـبيهة بأقفاص العصافير أيضًا. وعلى الرغـم من احتمالات الربط هذه، فقد تعرّف الكيميائيون ملايين المركبات العضوية المختلفة، وما زالوا يتعرّفون ويحضّرون المزيد منها كل يوم.

ماذا قرأت؟ **فسّر** لماذا يكوّن الكربون الكثير من المركبات؟

الهيدروكربونات Hydrocarbons

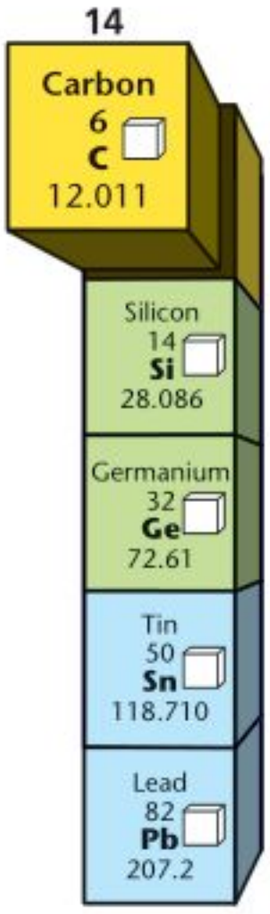
تُعد **الهيدروكربونات** التي تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط أبسط المركبات العضويـة. تُرى ما عدد المركبات المختلفة التي يمكـن تكوينها من هذين العنصرين؟ قد تظن أن عددًا قليلاً محتملاً يمكن تكوّنه، لكن هناك آلاف الهيدروكربونات المعروفة والتي تتكون من عنصري الكربـون والهيدروجين فقط. ويعد جزيء غاز الميثان CH_4 أبسـط جزيء هيدروكربوني، يتكون من ذرة كربون واحدة متحدة بأربع ذرات هيدروجين، وهو المكوِّن الرئيس للغاز الطبيعي، ومن أجود أنواع الوقود، كما يبين **الشكل 3-1**.

ماذا قرأت؟ **اذكر** استخدامين للميثان أو للغاز الطبيعي في بيتك أو مجتمعك.

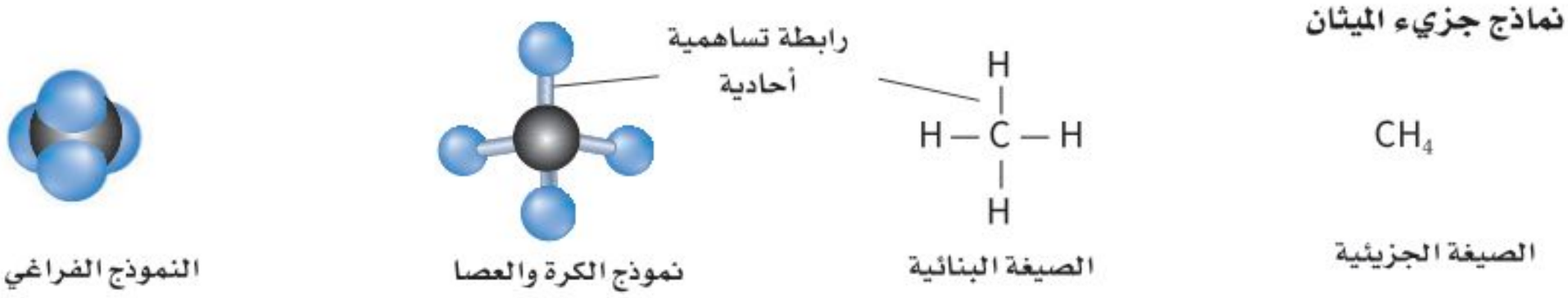
الشكل 3-1 الميثان – أبسط هيدروكربون موجود في الغاز الطبيعي.

حـدد **بالإضافـة إلى الهيدروجيـن، العـناصرَ الأخـرى التي تتَّحد بسهولة مع الكربون.**

الشكل 2-1 يقع الكربون في المجموعـة 14 من الجدول الـدوري، ويسـتطيع أن يكـوّن أربع روابط تساهمية لتشكيل الآلاف من المركبات المختلفة.



وزارة التعـليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 4-1 يستخدم الكيميائيون أربعة نماذج مختلفة لتمثيل جزيء الميثان (CH_4).

النماذج والهيدروكربونات يمثل الكيميائيون جزيئات المركبات العضوية بطرائق مختلفة. ويبين **الشكل 4-1** أربع طرائق مختلفة لتمثيل جزيء الميثان، حيث تمثَّل الرابطة المشتركة (التساهمية) بخط واحد مستقيم يرمز إلى تشارُك إلكترونين. ويستخدم الكيميائيون في معظم الأحيان النموذج الذي يوضح المعلومات المراد إلقاء الضوء عليها. فلا تعطي الصيغ الجزيئية أي معلومات عن الشكل الهندسي للجزيء كما في **الشكل 4-1**، في حين تُظهر الصيغة البنائية الترتيب العام للذرات في الجزيء، ولكن لا تعطي الشكل الهندسي (الثلاثي الأبعاد) الدقيق. ويَظهر الشكل الهندسي للجزيء بوضوح في نموذج الكرة والعصا. ولكن النموذج الفراغي يُعطي صورة أكثر واقعية عن الكيفية التي يبدو فيها الجزيء لو أمكن رؤيته حقيقةً. لذا عليك أن تتذكر وأنت تنظر إلى هذه النماذج أن الذرات متصلة معًا بروابط تشترك فيها الإلكترونات.

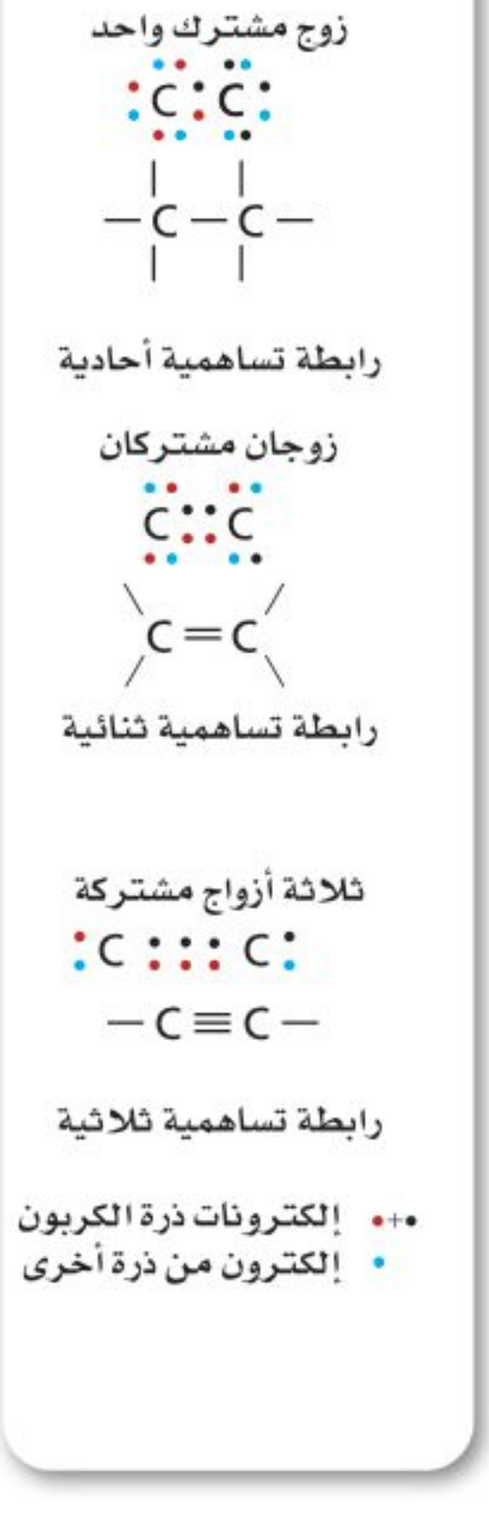
الروابط المُضاعفة بين ذرات الكربون ترتبط ذرات الكربون بعضها مع بعض ليس فقط بروابط تساهمية أحادية، بل أيضًا بروابط تساهمية ثنائية وثلاثية، كما في **الشكل 5-1**.

وقبل أن يتمكن الكيميائيون في القرن التاسع عشر من فهم الروابط والبناء الكيميائي للمواد العضوية، قاموا بإجراء اختبارات على الهيدروكربونات الناتجة عن تسخين الدهون الحيوانية والزيوت النباتية، وصنّفوا هذه الهيدروكربونات بناءً على اختبار كيميائي يُخلط فيه الهيدروكربون بالبروم، ثمّ يُقاس مقدار البروم الذي تفاعل مع الهيدروكربون. فقد تتفاعل بعض الهيدروكربونات مع كمية قليلة من البروم، وبعضها مع كمية أكبر، وقد لا يتفاعل بعضها مع أي كمية من البروم. لذا أطلق الكيميائيون على الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم اسم الهيدروكربونات غير المشبعة متأثّرين بمفهوم أن المحلول المائي غير المشبع قادر على إذابة المزيد من المذاب. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فسُمّيت بالهيدروكربونات المشبعة.

يستطيع الكيميائيون اليوم تفسير نتائج الاختبارات التي تعود إلى مئة وسبعين عامًا مضت. حيث تحتوي الهيدروكربونات التي تفاعلت مع البروم على روابط تساهمية ثنائية أو ثلاثية. أما الهيدروكربونات التي لم تتفاعل مع البروم فقد احتوت فقط على روابط تساهمية أحادية. واليوم يُعرف الهيدروكربون الذي يحتوي على روابط أحادية فقط **بالهيدروكربون المشبع**. أما الذي يحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة على الأقل فيُعرف **بالهيدروكربون غير المشبع**.

ماذا قرأت؟ **فسّر** ما أصل مصطلحي الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة؟

الشكل 5-1 تستطيع ذرة الكربون أن ترتبط مع ذرة كربون أخرى برابطة ثنائية أو ثلاثية. وتُوضّح أشكال لويس والصيغ البنائية الآتية طريقتين من طرائق الإشارة إلى الروابط الثنائية والثلاثية.



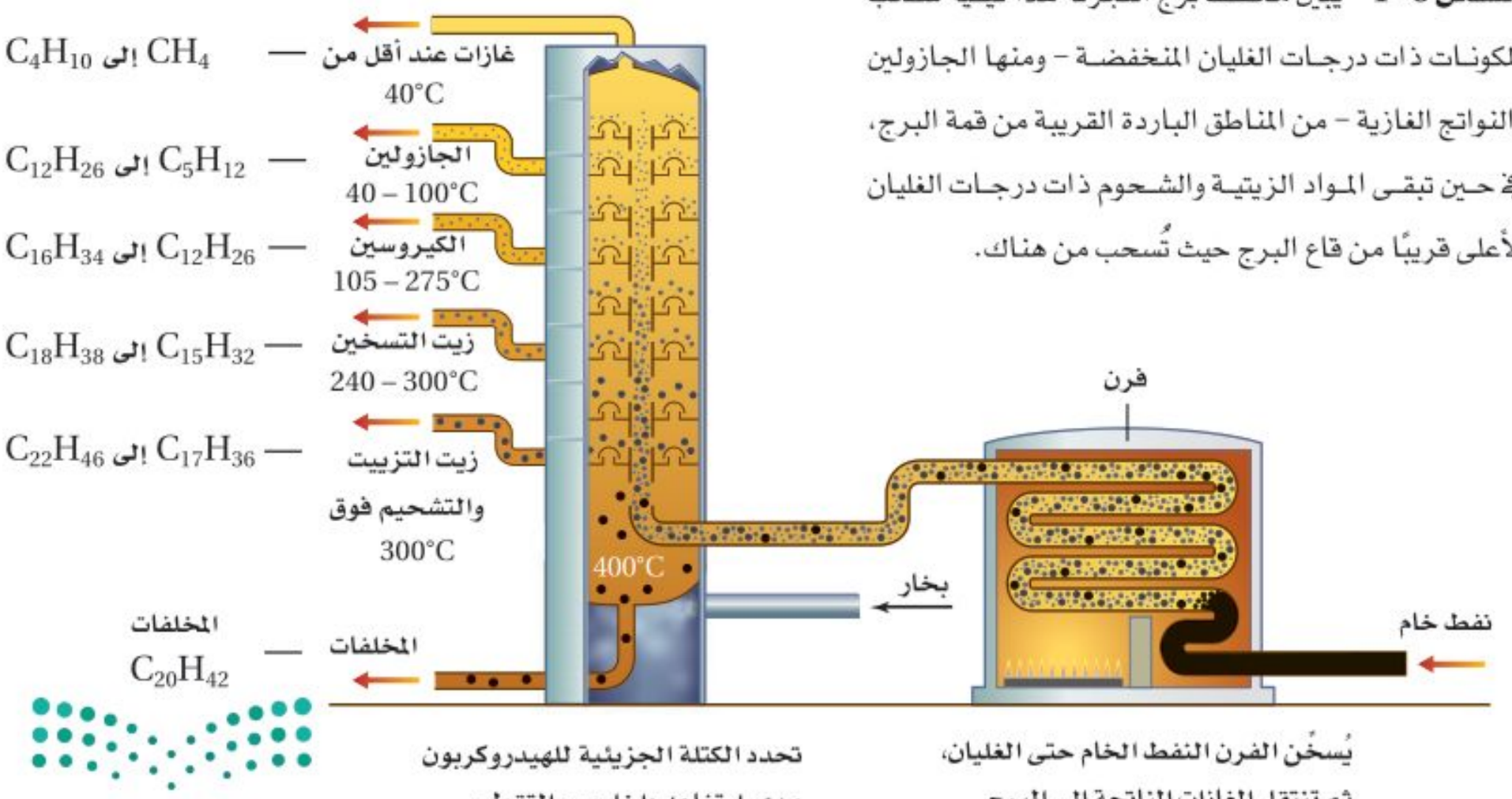
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تنقية الهيدروكربونات Purification of Hydrocarbons

ينتجُ اليومَ الكثيرُ من الهيدروكربونات من الوقود الأحفوري المُسـمّى النفط (البترول). وقد تشكّل النفط من بقايا المخلوقات الحية التي عاشت في المحيطات منذ ملايين السنين. ومع مرور الزمن كونت بقايا هذه المخلوقات في قاع المحيط طبقات سـميكة من ترسبات شـبه طينية، تحوّلت بفعل الحرارة المنبعثة من باطن الأرض والضغط الهائل من الرواسـب الكثيرة إلى صخر زيتي وغاز طبيعي. وينفذ النفط من خلال أنواع معينة من الصخور ذات مسامات، ويتجمع في أعماق القشرة الأرضية في صورة بِرَك. وعادة ما يوجد الغاز الطبيعي مصاحبًا للترسـبات النفطية، حيث يتشكلان معًا في الوقت نفسه وبالطريقة نفسـها. ويتكون الغاز الطبيعي بصورة أساسية من الميثان، ولكنه يحتوي أيضًا على كميات ضئيلة من أنواع أخرى من الهيدروكربونات تحتوي على ذرتي كربون إلى خمس ذرات.

التقطير التجزيئي يُعد النفط ـ على العكس من الغاز الطبيعي ـ خليطًا مُعقّدًا يحتوي على أكثر من ألف مركّب من المركبات المختلفة. لذا فإن النفط قليلاً ما يُسـتخدم في صورته الخام، فهو أكثر فائدة للإنسـان عندما يفصل إلى مكوّنات أو أجزاء أبسـط. ويحدث هذا الفصل من خلال عملية **التقطير التجزيئـي**، التي تتضمن تبخـير النفط عند درجة الغليان، ثم تجمع المشـتقات أو المكونات المختلفة في أثنـاء تكثفها عند درجات حرارة متباينة. ويجري التقطير التجزيئي في أبراج للتجزئة شـبيهة بما في **الشكل 6-1**.

ويتم التحكم في درجة الحرارة داخل برج التجزئة، فتكون قريبة من 400°C في أسفل البرج، وهو المكان الذي يغلي فيه النفط، وتنخفض تدريجيًّـا في اتجاه أعلى البرج. وعمومًا تنخفض درجات حرارة تكثّف المواد (درجات الغليان) مع انخفاض الكتلة الجزيئية لها. لذا تتكثف الهيدروكربونات وتُسحب في أثناء تصاعد الأبخرة المختلفة داخل البرج، كما في **الشكل 6-1**.



الشكل 6-1 يبين مخطط برج التجزئة هذا كيفية سحب المكونات ذات درجات الغليان المنخفضة – ومنها الجازولين والنواتج الغازية – من المناطق الباردة القريبة من قمة البرج، في حين تبقى المواد الزيتية والشحوم ذات درجات الغليان الأعلى قريبًا من قاع البرج حيث تُسحب من هناك.

يُسخّن الفرن النفط الخام حتى الغليان، ثم تنتقل الغازات الناتجة إلى البرج.

تحدد الكتلة الجزيئية للهيدروكربون مدى ارتفاعه داخل برج التقطير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يبين **الشكل 6-1** أسماء المشتقات أو المكونات الأساسية التي تُفصل عن النفط مصحوبة بدرجة غليانها، والمدى الذي يتراوح فيه حجم الهيدروكربون واستخداماته الشائعة. وقد يكون بعض هذه المشتقات أو المكونات مألوفًا لديك؛ حيث إنك تستخدمها يوميًّا، إلا أن أبراج التقطير التجزيئي المبينة في **الشكل 7-1** لا تُنتج المكونات بالنسب التي نحتاج إليها من هذه المكوّنات. فعلى سبيل المثال، نادرًا ما يُنتج التقطير الكمية المرغوب فيها من الجازولين، ولكنه يُنتج في المقابل الزيوت الثقيلة بكميات تفوق حاجة السوق.

لقد طوّر الكيميائيون والمهندسون العاملون في قطاع النفط قبل سنوات عديدة عملية تساعد على مواءمة العرض مع الطلب، وأُطلِق على هذه العملية التي تُحوّل فيها المكونات الثقيلة إلى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر عملية **التكسير الحراري**. وتحدث عملية التكسير الحراري عند غياب الأكسجين ووجود عامل مساعد. وبالإضافة إلى تكسير الهيدروكربونات الثقيلة إلى جزيئات بالحجم المطلوب في الجازولين فإن هذه العملية تنتج أيضًا المواد الأولية لصناعة الكثير من المنتجات المختلفة، ومنها المنتجات البلاستيكية وأفلام التصوير والألياف الصناعية.

ماذا قرأت؟ **صف** العملية التي يحدث من خلالها تكسير الهيدروكربونات ذات السلاسل الكبيرة إلى هيدروكربونات مرغوبة أكثر وذات سلاسل أصغر.

تصنيف الجازولين لا تُعد أي من المشتقات الناتجة عن تكرير النفط الخام مادة نقية. فكما هو موضح في **الشكل 6-1**، يُعد الجازولين خليطًا من الهيدروكربونات، وليس مادة نقية؛ إذ تتكون معظم جزيئات الهيدروكربونات في الجازولين التي تحتوي على روابط تساهمية أحادية من 5–12 ذرة كربون. وعلى الرغم من ذلك، فإن الجازولين المستخدم اليوم في السيارات يختلف عمّا استُخدِم في المركبات في بدايات القرن العشرين. فاليوم يجرى تعديل الجازولين المستخلص من النفط بعملية التقطير من خلال ضبط تركيبه وإضافة مواد تؤدي إلى تحسين أدائه في محرك المركبات، وتؤدي أيضًا إلى تقليل التلوث الناتج عن عوادم السيارات.

لذا فمن الضروري جدًّا أن يحدث اشتعال خليط الجازولين والهواء في أسطوانة محرك المركبة في اللحظة المناسبة، وأن يجري احتراقه تمامًا. فإذا حدث الاشتعال قبل الموعد المناسب أو بعده فإن ذلك يؤدي إلى خسارة الكثير من الطاقة، وانخفاض فاعلية الوقود، وفقدان كفاءة المحرك. لا تحترق معظم الهيدروكربونات ذات السلاسل المستقيمة (غير المتفرّعة) تمامًا، وتميل بفعل الحرارة والضغط إلى الاشتعال المبكر قبل أن يصبح المكبس في الموضع الصحيح، وقبل اشتعال شمعة الاحتراق؛ إذ يكون هذا الاحتراق المبكر مصحوبًا بفرقعة (knocking).

مهن في الكيمياء

فنّي التنقيب عن النفط يستخدم هذا الفني أدوات لقياس وتسجيل معلومات فيزيائية وجيولوجية حول آبار النفط والغاز. فعلى سبيل المثال، قد يقوم باختبار عينة جيولوجية لتحديد محتواها من النفط، وتركيب العناصر والمعادن فيها.

الربط مع رؤية 2030

30203 تطوير الصناعات المرتبطة بالنفط والغاز

الشكل 7-1 تقوم أبراج التقطير التجزيئي بفصل كميات كبيرة من النفط إلى مكونات (مشتقات) قابلة للاستعمال. فآلاف المنتجات التي نستخدمها في منازلنا وفي التنقل والصناعة ناتجة عن عملية تكرير (تنقية) النفط.

استنتج **ما نوع المواد المنبعثة من مصافي النفط التي يجب التحكم فيها لحماية البيئة؟**

أُنشئ نظام تصنيف رقم الأوكتان (منع الفرقعة)، للجازولين في أواخر العشرينات، مما أدى إلى إدراج رقم الأوكتان على مضخات الجازولين كما في **الشكل 8-1**. فللجازولين المتوسط الدرجة رقم أوكتان يقارب 89، في حين للجازولين الممتاز قيمة أعلى تصل 91 أو أكثر. وتُحدد كثير من العوامل التصنيف الأوكتاني الذي تحتاج إليه السيارة، فمنها ضغط المكبس على خليط الوقود والهواء، ودفع السيارة أيضًا. وفي المملكة العربية السعودية تم تصنيف رقم الأوكتان على مضخات الجازولين 91، 95.

الربط مع علم الأرض وجد الناس منذ أقدم العصور أن النفط يسيل من الشقوق الموجودة في الصخور. وتشير السجلات التاريخية إلى أن النفط قد استُخدم منذ أكثر من 5000 سنة. وفي القرن التاسع عشر عندما دخل العالم عصر الآلات وازداد عدد سكانه، فازداد الطلب على منتجات النفط وبخاصّة الكيروسين لاستخدامه في الإنارة وتشحيم الآلات. قام إدوين دريك Edwin Drake –في محاولة منه للعثور على مخزون دائم من النفط– بحفر أول بئر نفط في الولايات المتحدة في ولاية بنسلفانيا عام 1859م. وازدهرت صناعة النفط لفترة من الزمن، ولكن حين اكتشف توماس أديسون Thomas Edison المصباح الكهربائي في عام 1882م، خشي المستثمرون من القضاء على هذه الصناعة. غير أن اختراع السيارات في العقد الأخير من القرن التاسع عشر أنعش هذه الصناعة كثيرًا.

الشكل 8-1 تستخدم تصنيفات الأوكتان لإعطاء قيم منع الفرقعة (antiknock) فالتصنيف لجازولين السيارات المتوسط الدرجة 89، أما 91 و 95 واكثر يصنف على انه ممتاز.

وفي المملكة العربية السعودية هناك نوعين من الجازولين. كما في الصورة.

ويتم التعرف على النوع المناسب 91 أو 95 للسيارة من دليل السيارة.

والرقم الأوكتاني لوقود الطائرات 100. أما وقود سيارات السباق فرقمه الأوكتاني 110.

التقويم 1-1

الخلاصة

- تحتوي المركّبات العضوية على الكربون، إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مركبات عضوية تتألف من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوّناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1. **الفكرة الرئيسة** **اذكر** ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟
2. **سمِّ** مركّبًا عضويًّا، ووضح ما يدرسه عالم الكيمياء العضوية.
3. **حدّد** المعلومات التي تركّز عليها كل من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.
4. **قارن** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.
5. **صف** عملية التقطير التجزيئي.
6. **استنتج** توصف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهَدْرَجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل محفز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟
7. **فسّر البيانات** اعتمادًا على الشكل 6-1. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات – في لزوجة أي مكوّن نفطي عندما يُبَرَّد إلى درجة حرارة الغرفة؟

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–2

الأهداف

- **تُسمي** الألكانات من خلال تفحّص صيغها البنائية.
- **تكتب** الصيغة البنائية للألكان إذا أُعطيت اسمه.
- **تصف** خصائص الألكانات.

مراجعة المفردات

الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك (IUPAC) International Union of Pure and Applied Chemistry: منظمة دولية تساعد على التواصل بين الكيميائيين من خلال وضع قواعد ومعايير لبعض المجالات مثل التسمية الكيميائية، والمصطلحات، والطرائق المعيارية.

المفردات الجديدة

الألكان

السلسلة المتماثلة

السلسلة الرئيسة

المجموعة البديلة

الهيدروكربون الحلقي

الألكان الحلقي

الألكانات Alkanes

الفكرة الرئيسة **الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.**

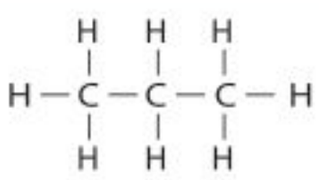
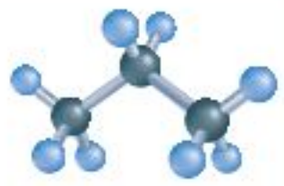
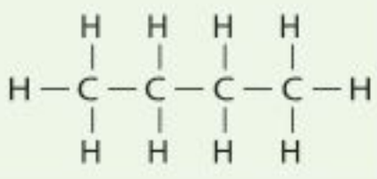
الربط مع الحياة هل سبق أن استخدمت لهب بنزن أو شواية غاز؟ إذا فعلت ذلك تكون قد استخدمت ألكاناً. فالغاز الطبيعي والبروبان هما الغازان الأكثر استخدامًا، وكلاهما ألكان.

الألكانات ذات السلاسل المستقيمة Straight-Chain Alkanes

يُعدّ الميثان أصغر مركب في سلسلة الهيدروكربونات المعروفة بالألكانات. ويتخذ وقودًا في المنازل ومختبرات العلوم، وهو ينتج عن الكثير من العمليات الحيوية. وتحتوي **الألكانات**، وهي هيدروكربونات، على روابط أحادية فقط بين الذرات. انظر إلى النماذج البنائية للميثان التي درستها سابقًا. كما يبين **الجدول 1-1** النماذج البنائية للإيثان C_2H_6 المركب الثاني في سلسلة الألكانات. ويتألف الإيثان من ذرتي كربون مرتبطتين معًا برابطة أحادية، وست ذرات هيدروجين تتشارك في إلكترونات التكافؤ المتبقية لذرتي الكربون.

ويتكون المركّب الثالث في سلسلة الألكانات، البروبان، من ثلاث ذرات كربون وثماني ذرّات هيدروجين، مما يعطيه الصيغة الجزيئية C_3H_8. أما مركب البيوتان فيتكون من أربع ذرات كربون وصيغته C_4H_{10}. قارن بين الصيغ البنائية لكل من الإيثان، والبروبان، والبيوتان، المبينة في **الجدول 1-1**.

الجدول 1-1 **الألكانات البسيطة**

الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	نموذج الكرة والعصا	النموذج الفراغي
الإيثان (C_2H_6)			
البروبان (C_3H_8)			
البيوتان (C_4H_{10})			

الجدول 2-1	أسماء الألكانات العشرة الأولى ذات السلاسل المستقيمة	
الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية المكثفة
ميثان	CH_4	CH_4
إيثان	C_2H_6	CH_3CH_3
بروبان	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
بيوتان	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
بنتان	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
هكسان	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
هبتان	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$
أوكتان	C_8H_{18}	$CH_3(CH_2)_6CH_3$
نونان	C_9H_{20}	$CH_3(CH_2)_7CH_3$
ديكان	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$

يُباع البروبان ـ والمعروف أيضًا بغاز (البروبان المُسال) Liquified Propan (LP) ـ في صورة وقود للطبخ والتسخين. ويستخدم البيوتان في القدّاحات الصغيرة، وفي بعض المشاعل، كما يستخدم أيضًا في تصنيع المطاط الصناعي.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المستقيمة لقد لاحظت على الأغلب أن أسماء الألكانات تنتهي بـ المقطع "ان"، وأن الألكانات التي تحوي خمس ذرات كربون أو أكثر تبدأ أسماؤها بمقاطع مشتقة من أرقام يونانية أو لاتينية تُمثل عدد ذرات الكربون في كل سلسلة. فالبنتان مثلًا له خمس ذرات كربون، تمامًا كالشكل المخمس ذي الأوجه الخمسة، والأوكتان يحتوي على ثمانية ذرات كربون مثل الأخطبوط (octopus) ذي المجَسَّات الثمانية. أما مركبات الميثان، والإيثان، والبروبان، والبيوتان فقد سُميت قبلَ معرفة بناء (تركيب) الألكانات، لذا فإن المقاطع الأولى من أسمائها ليست مشتقة من بادئة رقمية. ويُظهر **الجدول 2-1** أسماء الألكانات العشرة الأولى وصيغها. لاحظ أن المقطع الأول المخطوط تحته يمثل عدد ذرات الكربون في الجزيء.

ويبين **الجدول 2-1** أن الصيغ البنائية قد كُتبت بطريقة مختلفة عمّا هي عليه في **الجدول 1-1**. وتُسمى هذه الصيغ بالصيغ البنائية المكثفة، حيث توفر الحيز لكونها لا تظهر تفرع ذرات الهيدروجين من ذرات الكربون. ويمكن كتابة الصيغ المكثفة بطرائق عدة. ففي **الجدول 2-1** حذفت الخطوط التي بين ذرات الكربون لتوفير المساحة.

وتستطيع أيضًا في هذا **الجدول 2-1**، ملاحظة أن $-CH_2-$ هي الوحدة المتكررة في السلسلة الكربونية. فعلى سبيل المثال، يزيد البنتان عن البيوتان بوحدة $-CH_2-$ واحدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المفردات

أصل الكلمة

مُتماثل Homologous

جاءت من الكلمة الإغريقية (homologos) وتعني مُتّفِق.

وتستطيع زيادة تكثيف الصيغ البنائية بكتابة وحدة $-CH_2-$ بين قوسين يتبعها رقم سفلي يمثل عدد هذه الوحدات، كما هو الحال مع الأوكتان، والنونان، والديكان.

وتُسمى سلسلة المركبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد الوحدة المتكررة **السلسلة المُتماثلة**. ولهذه السلسلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. ففي الألكانات يمكن كتابة الصيغة العامة التي تربط بين عدد ذرات الكربون والهيدروجين على النحو الآتي C_nH_{2n+2}؛ حيث n عدد ذرات الكربون في الألكان. والآن تستطيع كتابة الصيغة الجزيئية لأي ألكان إذا أعطيت عدد ذرات الكربون فيه. فعلى سبيل المثال، يحتوي الهبتان على سبع ذرات كربون، لذا فإن صيغته هي $C_7H_{2(7)+2}$ أو C_7H_{16}.

ماذا قرأت؟ **اكتب** الصيغة الجزيئية لألكان يحتوي على 13 ذرة كربون في صيغته الجزيئية.

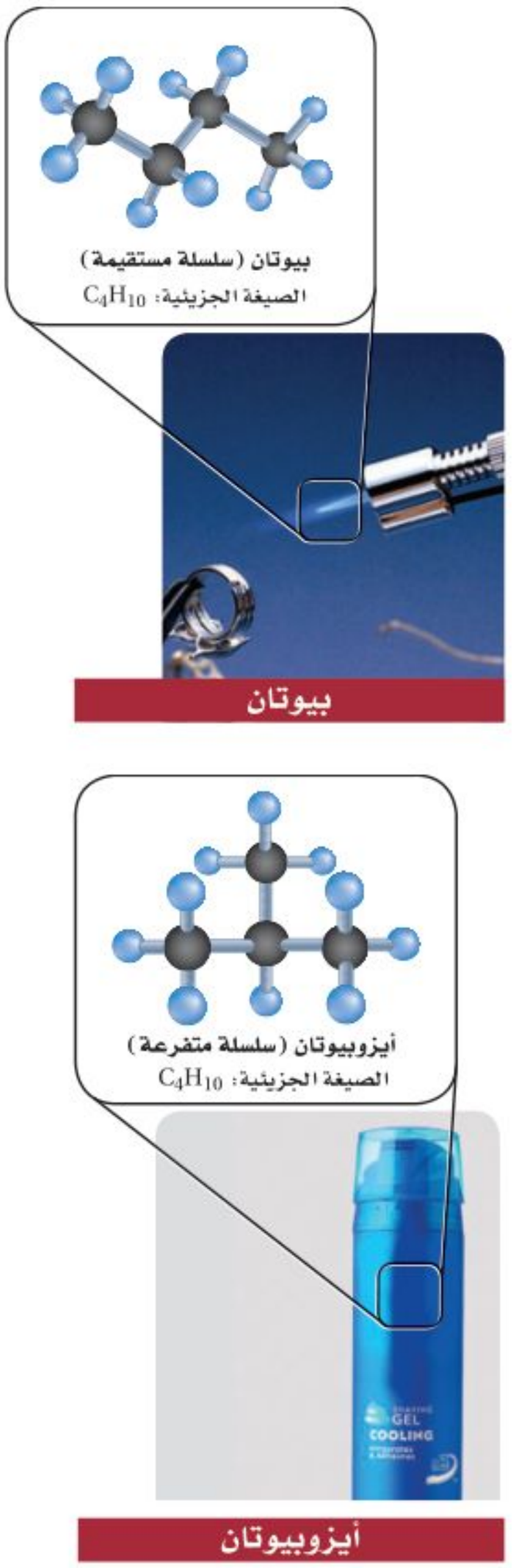
الألكانات ذات السلاسل المتفرّعة Branched–Chain Alkanes

تُسمّى الألكانات التي ناقشناها حتى الآن الألكانات ذات السلاسل المستقيمة؛ لأن ذرات الكربون فيها ترتبط معًا بخط واحد. والآن انظر إلى الصيغتين في **الشكل 9-1**، فإذا عددت ذرات الكربون والهيدروجين فستكتشف أن كلتيهما لها الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_{10}، فهل هما المادة نفسها؟

فإذا اعتقدت أن البنائيتين تمثّلان مادتين مختلفتين فأنت على صواب. إذ تمثل الصيغة البنائية في الجانب السفلي البيوتان، في حين يمثل البناء في الجانب العلوي ألكانًا متفرّعًا يعرف بالأيزوبيوتان، وهي مادة لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة عن البيوتان تمامًا. وتستطيع أن ترتبط ذرة الكربون مع ذرة أو ذرتين أو ثلاث أو حتى أربع ذرات كربون أخرى، ممّا ينجم عن هذه الخاصية وجود مجموعة متنوعة من الألكانات ذات السلاسل المتفرعة.

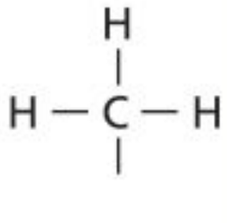
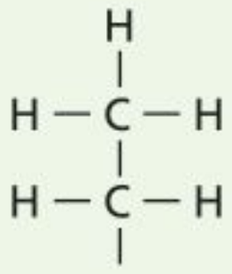
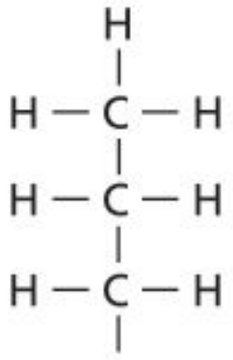
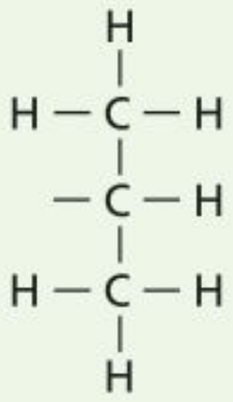
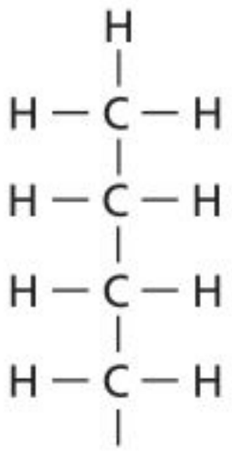
لقد عرفت سابقًا أن البيوتان يُستخدم في القدّاحات والمشاعل. وأما الأيزوبيوتان بوصفه مادة آمنة بيئيًّا فيستخدم في التبريد، ويتخذ مادة دافعة في منتجات مماثلة لجل الحلاقة، كما في **الشكل 9-1**. وبالإضافة إلى هذه التطبيقات فإن كلًّا من البيوتان والأيزوبيوتان يستخدم في صورة مادة خام في عمليات تصنيع الكثير من المواد الكيميائية.

ماذا قرأت؟ **صف** الفرق بين الصيغة البنائية لكل من البيوتان



الشكل 9-1 تستخدم البيوتان وقودًا في القداحات، أما الأيزوبيوتان فيستخدم في منتجات مثل جل الحلاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 3-1	الألكيلات البسيطة				
الاسم	الميثيل	الإيثيل	البروبيل	الأيزوبروبيل	البيوتيل
الصيغة البنائية المكثفة	CH_3-	CH_3CH_2-	$CH_3CH_2CH_2-$	$CH_3\underset{\vert}{C}HCH_3$	$CH_3CH_2CH_2CH_2-$
الصيغة البنائية					

والأيزوبيوتان.

مجموعات الألكيل لقد رأيت أن الألكانات المتفرعة والمستقيمة لها الصيغة الجزيئية نفسها. وتوضح هذه الحقيقة مبدأً أساسيًّا في الكيمياء العضوية "يحدد تنظيم الذرات وترتيبها في الجزيء العضوي هويته". لذا يجب أن يصف اسم المركب العضوي التركيب البنائي للمركب بدقة.

يطلق على أطول سلسلة كربونية متصلة (مستمرة) عند تسمية الألكانات المتفرعة **السلسلة الرئيسة**. وتُسمى كل التفرعات الجانبية **المجموعات البديلة**؛ لأنها تظهر كأنها بديلة لذرة الهيدروجين في السلسلة المستقيمة (غير المتفرعة). ويُنسب اسم المجموعة البديلة المشتقة من الألكان، والتي تتفرع من السلسلة الرئيسة، إلى اسم الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها، ويتم تغيير المقطع الأخير من "ان" إلى "يل". وتُسمى المجموعة البديلة المشتقة من الألكان بمجموعة الألكيل. ويُبين الجدول **3-1** بعض مجموعات الألكيل.

تسمية الألكانات ذات السلاسل المتفرعة استخدم الكيميائيون القواعد النظامية الآتية المتفق عليها من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية أيوباك، (IUPAC) في تسمية مركبات الكيمياء العضوية.

الخطوة 1. حدد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة، مستخدمًا اسم الألكان الذي يحتوي على هذا العدد من ذرات الكربون على أنه اسم للسلسلة الرئيسة في الصيغة البنائية.

الخطوة 2. رقِّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة، مبتدئًا الترقيم من طرف السلسلة الأقرب إلى المجموعة البديلة؛ إذ تُعطي هذه الخطوة مواقعَ جميع

المفردات

أصل الكلمة

المفردات الأكاديمية

البديل (Substitute)

هو الشخص أو الشيء الذي يحل مَحلَّ غيره.

مثال: يُتخذ الحرير الصناعي بديلاً عن الحرير الطبيعي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المجموعات البديلة أصغرَ أرقام ممكنة.

الخطوة 3. سمِّ كل مجموعة ألكيل بديلة. وضع اسم المجموعة قبل اسم السلسلة الرئيسة.

الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها تفرعًا عن السلسلة الرئيسة فاستخدم بادئة (ثنائي ، ثلاثي، رباعي ، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، واستخدم رقم ذرة الكربون التي تتصل بها المجموعة للدلالة على موقعها.

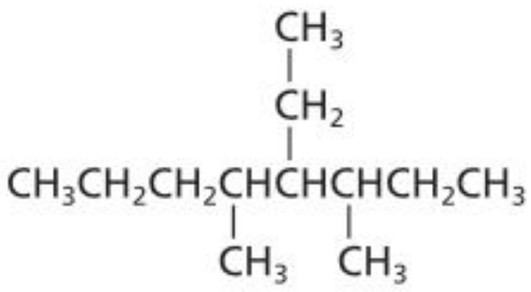
الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة على السلسلة الرئيسة نفسها ضع أسماءها بالترتيب الهجائي باللغة الانجليزية. ولا تُؤخذ البادئات (ثنائي، ثلاثي، وهكذا) في الحسبان عند تحديد الترتيب الهجائي.

الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، مُستخدمًا الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات، والفواصل للفصل بين الأرقام. ولا تترك فراغًا بين اسم المجموعة واسم السلسلة الرئيسة.

مثال 1-1

تسمية الألكانات ذات السلسلة المتفرعة

سمِّ الألكان المبيَّن في الشكل أدناه.



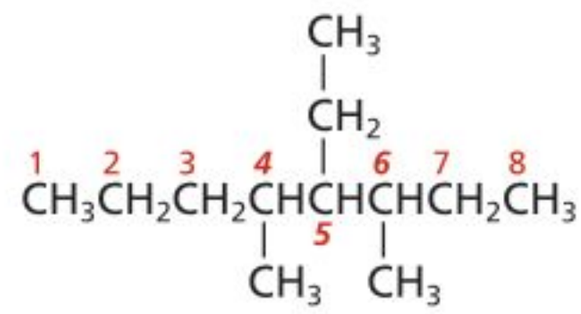
1 تحليل المسألة

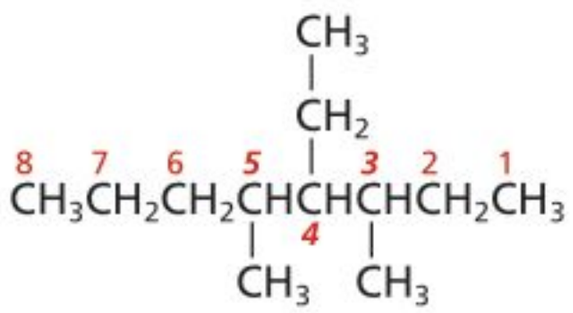
أعطيت الصيغة البنائية. اتبع قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتحديد اسم السلسلة الرئيسة وأسماء التفرعات ومواقعها في الشكل المعطى.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في أطول سلسلة متصلة. يُمكن توجيه السلاسل في الصيغ البنائية بطرائق عديدة؛ لذا عليك الانتباه خلال البحث عن أطول سلسلة كربونية. وفي هذه الحالة يكون الوضع سهلاً؛ حيث إن أطول سلسلة تحتوي على ثماني ذرات كربون، لذا فإن الاسم الرئيس هو أوكتان.

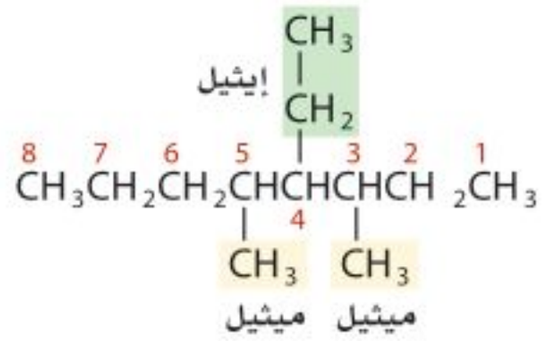
الخطوة 2. رقّم كل ذرة كربون في السلسلة الرئيسة. ورقّم السلسلة في كلا الاتجاهين، كما هو مُوضَّح أدناه مبتدئًا من اليسار بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 4 و 5 و6، ثم من اليمين بوضع مجموعات الألكيل على المواقع 3 و 4 و5. ولأن أرقام المواقع 3 و4 و5 هي الأصغر لذا يجب استخدامها في الاسم.



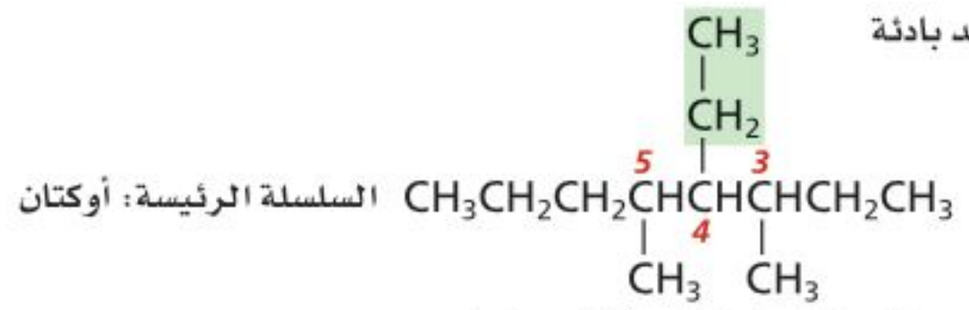


وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخطوة 3. عيّن مجموعات الألكيل المتفرعة عن السلسلة الرئيسة وسمّها. هناك مجموعتان ميثيل– موجودتان على الموقعين 3 و 5، ومجموعة إيثيل على الموقع 4.



الخطوة 4. إذا تكررت مجموعة الألكيل نفسها أكثر من مرة بوصفها فرعًا على السلسلة الرئيسة فاستخدم البادئات (ثنائي، ثلاثي، رباعي، وهكذا...) قبل اسم المجموعة للدلالة على عدد المرات التي تظهر فيها، وابحث عن مجموعات الألكيل التي تكررت أكثر من مرة وأحص عددها. ثم حدّد البادئة التي تُظْهِر عدد المرات التي تظهر فيها كل مجموعة واستخدمها. وسوف تضاف في هذا المثال البادئة "ثنائي" إلى الاسم ميثيل؛ لأن هناكَ مجموعتي ميثيل. ولا يتطلب ذلك إضافة أي بادئة إلى مجموعة الإيثيل الوحيدة. بيّن الآن موقع كل مجموعة باستخدام الرقم المناسب.



الخطوة 5. عندما تتصل مجموعات ألكيل مختلفة بالسلسلة الرئيسة ضع أسماءها حسب الترتيب الهجائي، وضع أسماء تفرعات الألكيل حسب الترتيب الهجائي باللغة الإنجليزية مع تجاهل البادئات؛ حيث يضع الترتيب الهجائي الاسم إيثيل قبل ثنائي ميثيل (E قبل M).

الخطوة 6. اكتب الاسم كاملاً، واستخدم الشرطات لفصل الأرقام عن الكلمات والفواصل للفصل بين الأرقام، واكتب اسم الشكل (المركب) مستخدمًا الشرطات والفواصل حسب الحاجة. ويتعين كتابة الاسم على النحو الآتي:

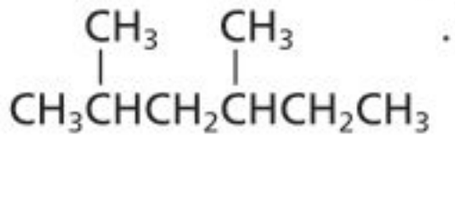
4– إيثيل– 3، 5 – ثنائي ميثيل أوكتان.

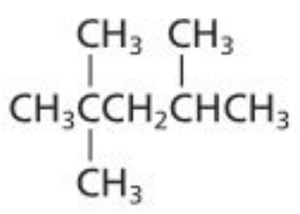
3 تقويم الإجابة

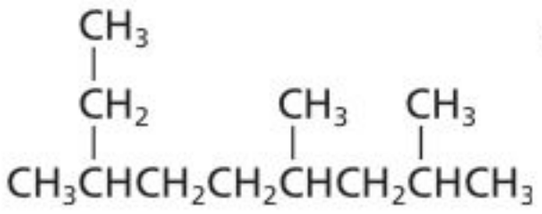
تم إيجاد وترقيم أطول سلسلة كربونية متصلة بصورة صحيحة، وتَمَّ تعيين جميع التفرعات بالبادئات، وأسماء مجموعات ألكيل الصحيحة. الترتيب الهجائي وعلامات الترقيم صحيحان.

مسائل تدريبية

8. استخدم قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتسمية الصيغة البنائية للمركبات الآتية:

a. 

b. 

c. 

9. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

a. 3،2 – ثنائي ميثيل–5– بروبيل ديكان

b. 5، 4، 3 – ثلاثي إيثيل أوكتان

الألكانات الحلقية Cycloalkanes

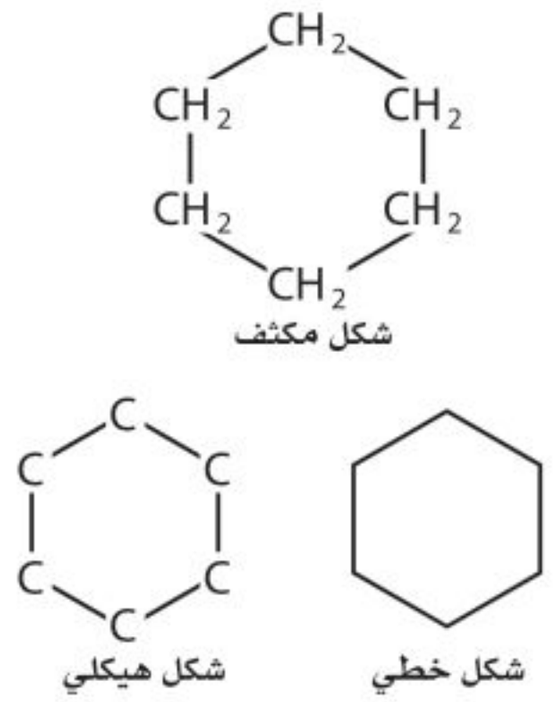
تُعد قدرة ذرة الكربون على تكوين تراكيب بنائية حلقية من أسباب وجود هذا التنوع في المركبات العضوية. ويُسمى المركب العضوي الذي يحتوي على حلقة هيدروكربونية **الهيدروكربون الحلقي**. وتُستخدم البادئة حلقي (cyclo) مع اسم الهيدروكربون للإشارة إلى احتواء الهيدروكربون على بناء حلقي. لذا فإن الهيدروكربونات الحلقية المحتوية على روابط أحادية فقط تُسمى **الألكانات الحلقية**. وتتكون الحلقات في الألكانات الحلقية من ثلاث، أو أربع، أو خمس، أو ست ذرات كربون أو أكثر. إن اسم الألكان الحلقي ذي الذرات الست من الكربون هو هكسان حلقي. ويستخدم الهكسان الحلقي المستخرج من البترول في مُزيلات الدهان، واستخلاص الزيوت الطَّيَّارة لتحضير العطور. ولاحظ أن الهكسان الحلقي C_6H_{12} يقل عن الهكسان C_6H_{14} غير المتفرع بذرتي هيدروجين؛ وذلك لأن إلكترون تكافؤ واحدًا من كل من ذرتي الكربون في الألكان الحلقي يكوِّن رابطة كربون- كربون عوضًا عن رابطة كربون- هيدروجين.

ماذا قرأت؟ **قوّم** إذا وجدت (حلقي) في اسم الألكان، فما الذي ستعرفه عن هذا الألكان؟

تُمثَّل الهيدروكربونات الحلقية، كما في **الشكل 10-1** الهكسان الحلقي بأشكال مكثفة وهيكلية وخطية عديدة؛ وتُظهر الأشكال الخطية الروابط بين ذرات الكربون فقط، وتُفسر الزوايا في الشكل على أنها مواقع ذرات الكربون. أما بالنسبة لذرات الهيدروجين فيفترض أنها تحتل بقية مواقع الربط إلاّ إذا وُجدت التفرعات (المجموعات البديلة). ولا تظهر ذرات الهيدروجين في الشكل الهيكلي.

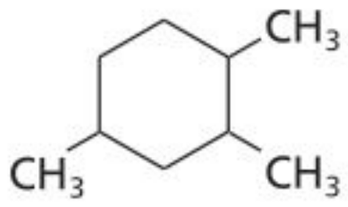
تسمية الألكانات الحلقية المحتوية على مجموعات بديلة يمكن أن يكون للألكانات الحلقية مجموعات بديلة كسائر الألكانات الأخرى. وتتم تسميتها باتباع قواعد نظام الأيوباك (IUPCA) المستخدمة في تسمية الألكانات غير المتفرعة نفسها، ولكن بإجراء تعديل محدود؛ فليس هناك حاجة إلى إيجاد أطول سلسلة؛ إذ تعد الحلقة دائمًا السلسلة الرئيسة. ولأن الشكل الحلقي ليس له أطراف لذا يبدأ الترقيم من ذرة الكربون المرتبطة بالمجموعة البديلة. وعند وجود أكثر من مجموعة بديلة تُرقم ذرات الكربون حول الحلقة، على أن تحصل المجموعات البديلة على أصغر مجموعة أرقام ممكنة. وإذا كان هناك مجموعة بديلة واحدة متصلة بالحلقة فلا ضرورة عندئذٍ للترقيم. ويُوضح المثال الآتي عملية تسمية الألكانات الحلقية.

الشكل 10-1 يمكن تمثيل التركيب البنائي للهكسان الحلقي بطرائق عدة .



مثال 2-1

تسمية الألكانات الحلقية



سمّ الألكان الحلقي المجاور.

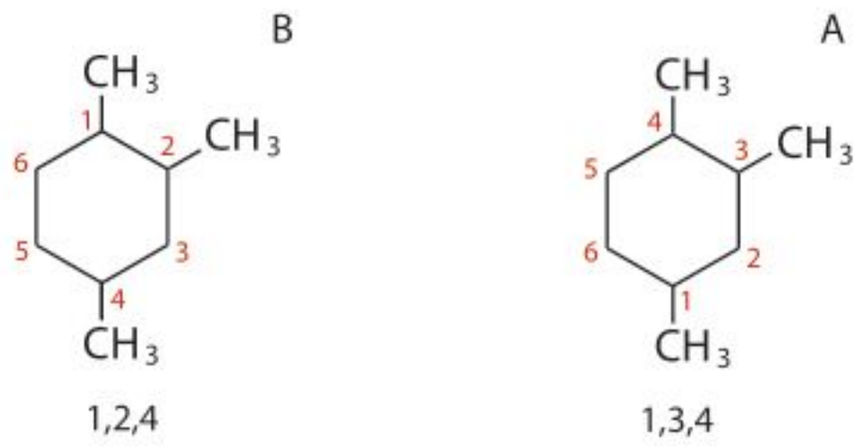
1 تحليل المسألة

أعطيت الصيغة البنائية. عليك اتباع قواعد نظام الأيوباك لتحديد الشكل الحلقي الرئيس ومواقع المجموعات البديلة (التفرعات) للشكل المعطى.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. حدّد عدد ذرات الكربون في الحلقة، واستخدم اسم الهيدروكربون الحلقي الرئيس. حيث تتألف الحلقة في هذه الحالة، من ست ذرات كربون. لذا فإن الاسم الرئيس هو هكسان حلقي.

الخطوة 2. رقِّم الحلقة ابتداءً من أحد تفرّعات ($-CH_3$)، وجِد الترقيم الذي يعطي أقل مجموعة أرقامًا ممكنة للتفرعات. وفيما يأتي طريقتان لترقيم الحلقة هما:



يضع الترقيم بدءًا من ذرة الكربون في أسفل الحلقة مجموعاتِ $-CH_3$ على المواقع 1 و3 و4 في الشكل A، في حين يضع الترقيم بدءًا من ذرة الكربون في أعلى الحلقة مجموعاتِ CH_3 على المواقع 1و 2 و 4. وتضع طرائق الترقيم الأخرى مجموعات $-CH_3$ على مواقع ذات أرقام أعلى. لذا فإن 1 و 2 و 4 هي أقل أرقام ممكنة. لذلك تُستخدم في الاسم.

الخطوة 3. سمِّ المجموعات البديلة. علمًا بأن المجموعات الثلاث جميعها مجموعات ميثيل.

الخطوة 4. أضف البادئة لإظهار عدد المجموعات الموجودة، حيث توجد ثلاث مجموعات ميثيل، لذا فإن البادئة (ثلاثي) تُضاف إلى اسم المجموعة ميثيل، فتصبح ثلاثي ميثيل.

الخطوة 5. يمكن تجاهل الترتيب الهجائي بسبب وجود نوع واحد من المجموعات.

الخطوة 6. جَمّع الاسم باستخدام اسم الألكان الحلقي الرئيس، مستخدمًا الفواصل للفصل بين الأرقام، والشرطات للفصل بين الأرقام والكلمات. واكتب الاسم على النحو الآتي:

1، 2، 4 – ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

3 تقويم الإجابة

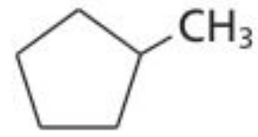
يُرقّم الشكل الحلقي الرئيس على أن يعطي التفرعات أقل مجموعة أرقام ممكنة. وتشير البادئة (ثلاثي) إلى وجود ثلاث ذرات كربون. ولأن التفرعات كلها هي مجموعات ميثيل، لذا فلا ضرورة للترتيب الهجائي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

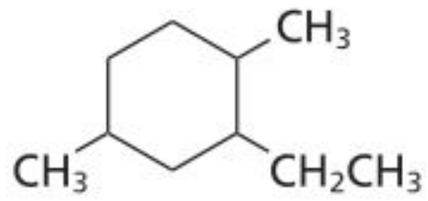
مسائل تدريبية

10. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:

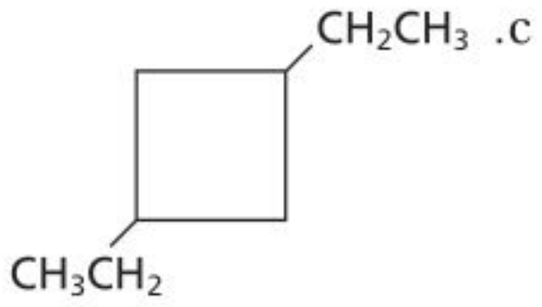
a.



b.



c.



11. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات الآتية:

a. 1- إيثيل- 3- بروبيل بنتان حلقي.

b. 4،2،2،1 - رباعي ميثيل هكسان حلقي.

خصائص الألكانات Properties of Alkanes

عرفت سابقًا أن بناء الجزيء يؤثر في خصائصه. فمثلاً رابطة O–H الموجودة في الماء رابطة قُطبية، ولأن جزيء H–O–H له شكل هندسي منحنٍ فإن الجزيء نفسه قطبي، لذا تنجذب جزيئات الماء بعضها إلى بعض، وتكوّن روابطً هيدروجينية معًا. لذا فإن درجات الغليان والانصهار للماء أعلى كثيرًا من سائر المواد المشابهة له في الكتلة الجزيئية وفي الحجم.

ترى، ما خصائص الألكانات؟ تتكون جميع الروابط في الهيدروكربونات من ذرة كربون وذرة هيدروجين، أو ذرتي كربون. ويتعذر أن تكون الرابطة بين ذرتين من النوع نفسه – مثل الكربون – رابطة قطبية. لذا تُعد جزيئات الألكانات غير قطبية؛ لأن روابطها جميعًا غير قطبية، مما يجعلها مذيبات جيدة لمواد أخرى غير قطبية، كما في **الشكل 11-1**.

الخصائص الفيزيائية للألكانات كيف تُقارَن خصائص المركب القطبي بخصائص المركب غير القطبي؟ انظر إلى **الجدول 4-1**، ولاحظ أن الكتلة الجزيئية للميثان (16 amu) قريبة من الكتلة الجزيئية للماء (18 amu)، كذلك فإن جزيئات الماء والميثان متقاربة في الحجم. وعلى الرغم من ذلك، عندما تُقارن درجات الغليان والانصهار للميثان

الشكل 11-1 الكثير من المذيبات-التي تستخدم مادة مرقّقة في الدهانات، والطلاء، والمواد الشمعية، وأحبار آلات النسخ، والمواد اللاصقة وأحبار الطابعات- تحتوي على الألكانات والألكانات الحلقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

بما للماء ترى دليلاً على أن الجزيئات تختلف اختلافًا واضحًا و جوهريًّا. ويعود سبب الاختلاف الكبير في درجات الحرارة إلى أن التجاذب بين جزيئات الميثان ضعيف مقارنة بالتجاذب بين جزيئات الماء. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في التجاذب إلى أن جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوِّن روابط هيدروجينية بينها، أما جزيئات الماء فقطبية وتُكوِّن روابط هيدروجينية.

يفسّر الفرق في القطبية والروابط الهيدروجينية أيضًا عدم امتزاج أو اختلاط الألكانات والهيدروكربونات الأخرى بالماء. فإذا حاولت إذابة ألكانات ـ مثل زيوت التشحيم ـ في الماء ينفصل السائلان فورًا إلى طبقتين. ويحدث هذا الانفصال لأن قوى التجاذب بين جزيئات الألكان أقوى من قوى التجاذب بين جزيئات الألكان والماء. لذا فإن الألكانات تذوب في المذيبات المكوَّنة من جزيئات غير قطبية.

الجدول 4-1 مقارنة الخصائص الفيزيائية

المادة والصيغة	الماء H_2O	الميثان CH_4
الكتلة الجزيئية	18 amu	16 amu
حالة المادة عند درجة حرارة الغرفة	سائل	غاز
درجة الغليان	100°C	−162°C
درجة الانصهار	0°C	−182°C

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الخصائص الكيميائية للألكانات إن الخاصية الكيميائية الرئيسة للألكانات هي ضعف نشاطها الكيميائي. وكما عرفت سابقًا فإن الكثير من التفاعلات الكيميائية تحدث عندما تنجذب مادة متفاعلة ذات شحنة كهربائية كاملة، مثل الأيون، أو ذات شحنة جُزئية، مثل جزيء قطبي، إلى مادة متفاعلة أخرى ذات شحنة معاكسة. الجزيئات التي تكون فيها الذرات مرتبطة بروابط غير قطبية ـ كما في الألكانات ـ تكون غير قطبية. لذا يكون انجذاب هذه الجزيئات نحو الأيونات أو الجزيئات القطبية ضعيفًا جدًّا. ويمكن إرجاع ضعف نشاط الألكانات إلى روابط C – C و C – H القوية نسبيًّا.

التقويم 2-1

الخلاصة

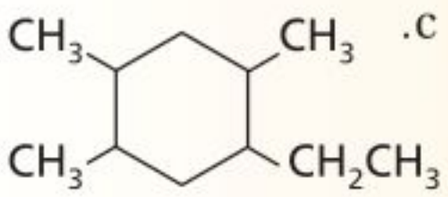
- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).
- تسمّى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية الألكانات الحلقية.

12. الفكرة الرئيسة **صِف** الميزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

13. سمِّ الصيغ البنائية الآتية باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

a. $CH_3CHCH_2CH_2CH_3$ (CH₃ على الكربون الثاني)

b. CH_3CCH_3 (CH₃ على الكربون الثاني) (CH₃ على الكربون الثاني)

c. 

14. صف الخصائص العامة للألكانات.

15. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. 3،4– ثنائي ميثيل هبتان

b. 4–آيزوبروبيل– 3– ميثيل ديكان

c. 1– إيثيل–4– ميثيل حلقي هكسان

d. 1،2– ثنائي ميثيل حلقي بروبان

16. تفسير الصيغ البنائية لماذا يعد الاسم 3–بيوتيل بنتان غير صحيح؟

اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركب 3– بيوتيل بنتان؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–3

الأهداف

- **تصف** الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات.
- **تُسمّي** الألكين أو الألكاين اعتمادًا على صيغته البنائية.
- **تكتب** الصيغة البنائية للألكين أو الألكاين إن أُعطيت اسمه.
- **تقارن** خصائص الألكينات والألكاينات بخصائص الألكانات.

مراجعة المفردات

الهرمون: مادة كيميائية تُنتَج في جزء من المخلوق الحي وتُنقل إلى جزء آخر، وتؤدي إلى تغير فسيولوجي فيه.

المفردات الجديدة

الألكين

الألكاين

الألكينات والألكاينات

Alkenes and Alkynes

الفكرة الرئيسة **الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة. أما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.**

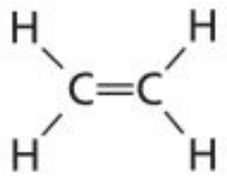
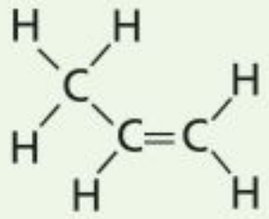
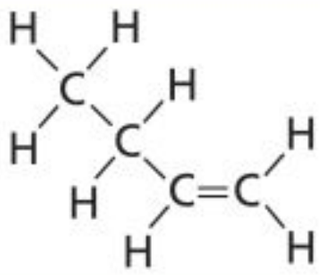
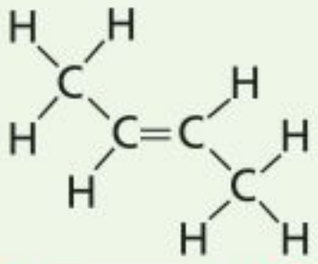
الربط مع الحياة تُنتج النباتات الإيثين في صورة هرمون نُضج طبيعي. وعادةً ما تُقطَف الفواكه والخضراوات قبل تمام نضجها، فتُعرَّض للإيثين حتى تنضج.

الألكينات Alkenes

تذكّر أن الألكانات هيدروكربونات مشبعة؛ لأنها تحتوي على روابط تساهمية أحادية بين ذرات الكربون، وأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون. وتسمّى الهيدروكربونات غير المشبعة المحتوية على رابطة تساهمية ثنائية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون **بالألكينات**. ولأن الألكين يجب أن يحتوي على رابطة ثنائية بين ذرات الكربون، لذا لا يوجد ألكين بذرة كربون واحدة. وعليه فإن أبسط ألكين يحتوي على ذرتي كربون ترتبطان برابطة ثنائية. والإلكترونات الأربعة المتبقية – اثنان من كل ذرة كربون – تشترك مع أربع ذرات هيدروجين لتعطي جزيء الإيثين C_2H_4.

تكوّن الألكينات المحتوية على رابطة ثنائية واحدة سلاسل متماثلة. وللسلسلة المتماثلة صيغة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات. فإذا درست الصيغ البنائية للمواد الظاهرة في **الجدول 5-1** فسوف ترى أن عدد ذرات الهيدروجين لكلٍّ منها هو ضعف عدد ذرات الكربون. لذا تكون الصيغة العامة للألكينات هي C_nH_{2n}. يَقل كل ألكين عن الألكان المناظر له بذرتي هيدروجين؛ لأن إلكترونين اثنين يكوِّنان الرابطة التساهمية الثانية، وهما غير متوافرين للربط بذرات الهيدروجين. ما الصيغ الجزيئية للألكينات ذات ذرات الكربون الست والتسع؟

الجدول 5-1 صيغ الألكينات

الاسم	إيثين	بروبين	1- بيوتين	2- بيوتين
الصيغة الجزيئية	C_2H_4	C_3H_6	C_4H_8	C_4H_8
الصيغة البنائية				
الصيغة البنائية المكثفة	$CH_2=CH_2$	$CH_3CH=CH_2$	$CH_3CH_2CH=CH_2$	$CH_3CH=CHCH_3$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تسمية الألكينات تُسمى الألكينات بالطريقة المتبعة في تسمية الألكانات نفسها تقريبًا. حيث تكتب أسماؤها بتغيير المقطع الأخير (ان) للألكان المناظر إلى المقطع (ين). ويُسمى الألكان الذي يتكون من ذرتي كربون الإيثان، في حين يسمى الألكين الذي يحتوي على ذرتي كربون الإيثين. وبطريقة مماثلة، فالألكين الذي يحتوي ثلاث ذرات كربون يسمى بروبين. وللإيثين والبروبين اسمان قديمان أكثر شيوعًا، هما الإيثيلين والبروبيلين.

يتعين تحديد موقع الرابطة الثنائية لتسمية الألكينات ذات ذرات الكربون الأربع أو أكثر في السلسلة، كما في الأمثلة في **الشكل 12a–1**. ويتم هذا بترقيم ذرات الكربون في السلسلة الرئيسة ابتداءً من طرف السلسلة الذي يعطي أصغر رقم لأول ذرة كربون في الرابطة الثنائية. ثم يُستخدم هذا العدد في الاسم.

لاحظ أن البناء الثالث ليس "3–بيوتين" لأنه مطابق للبناء الأول، 1–بيوتين. لذا من الضروري أن تُدرك أنّ 1–بيوتين و 2–بيوتين مادتان مختلفتان، لكلٍّ منهما صفاته الخاصة. وتُسمّى الألكينات الحلقية تقريبًا بالطريقة نفسها التي تُسمى بها الألكانات الحلقية، على أن تكون ذرة الكربون رقم 1 هي إحدى ذرّتي الكربون المرتبطتين بالرابطة الثنائية. لاحظ ترقيم المركب في **الشكل 12b–1**. إن اسم هذا المركب هو 1،3– ثنائي ميثيل بنتين حلقي.

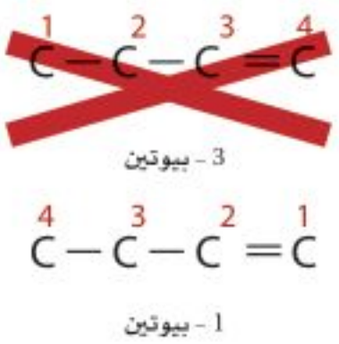
ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا يعد من الضروري تعيين موقع الرابطة الثنائية في اسم الألكين؟

تسمية الألكينات ذات السلاسل المتفرعة اتبع عند تسميتها قواعد نظام الأيوباك المستخدمة في تسمية الألكانات المتفرعة، على أن يؤخذ في الحسبان أمران، أولهما أن تكون السلسلة الرئيسة في الألكينات دائمًا أطول سلسلة تحتوي على الرابطة الثنائية، سواء أكانت أطول سلسلة من ذرات الكربون أم لم تكن. وثانيهما أن يحدد موقع الرابطة الثنائية – وليس التفرعات – كيفية ترقيم السلسلة. لاحظ وجود سلسلتين من 4 – ذرات كربون في الجزيء المُبين في **الشكل 13a–1**، إلا أن السلسلة المحتوية على الرابطة الثنائية استخدمت وحدها أساسًا للتسمية. إن هذا الألكين المتفرّع هو 2– ميثيل بيوتين.

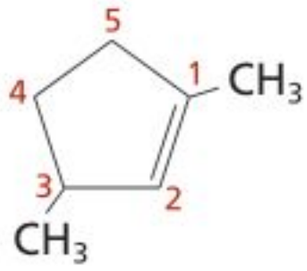
تحتوي بعض الهيدروكربونات غير المشبعة على أكثر من رابطة ثنائية أو ثلاثية. ويظهر عدد الروابط الثنائية في جزيئات من هذا النوع باستخدام البادئة (داي، تراي، تيترا، وهكذا) قبل المقطع (ين). وتُرقّم مواقع الروابط على أن تُنتج أصغر مجموعة من الأرقام. أي نظام ترقيم ستستخدم في المثال في **الشكل 13b–1**؟ ستستخدم البادئة (هبتا)؛ لأن الجزيء يحتوي على سلسلة كربونية سُباعية. ولأنها تحتوي على رابطتين ثنائيتين فإنك تستخدم البادئة (داي) قبل المقطع (ين)، تُعطي الاسم هبتاداين. وبإضافة الرقمين 2 و4 لتعيين مواقع الروابط الثنائية يصبح الاسم 2، 4– هبتاداين.

الشكل 12–1 عند تسمية أيّ من الألكينات ذات السلاسل المتفرعة أو المستقيمة يجب ترقيمها باستخدام قواعد نظام الأيوباك.

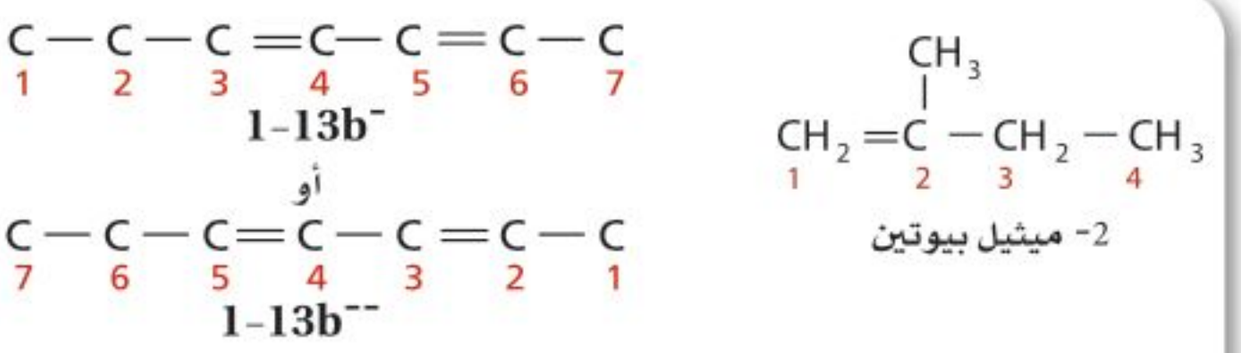
a. **ألكينات ذات سلاسل مستقيمة (غير متفرعة).**



b. **ألكينات حلقية**



الشكل 13–1 تُرقم مواقع الروابط الثنائية في الألكينات بطريقة تعطي أصغر مجموعة من الأرقام. وينطبق هذا على الألكينات المستقيمة والمتفرعة.



a. رابطة ثنائية واحدة

b. رابطتان ثنائيتان

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 3-1

تسمية الألكينات المتفرِّعة

$CH_3CH=CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ على الكربون 4، CH₃ على الكربون 6)

سمِّ الألكين المجاور.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت ألكينًا ذا سلسلة متفرِّعة تحتوي على رابطة ثنائية واحدة ومجموعتي ألكيل. اتبع قواعد نظام الأيوباك لتسمية المركب العضوي.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة توجد فيها الرابطة الثنائية على سبع ذرات كربون. ويسمى الألكان ذو ذرات الكربون السبع "هبتان"، ولكن يتغيّر الاسم إلى هبتين بسبب وجود الرابطة الثنائية.

$CH_3CH=CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ على الكربون 4، CH₃ على الكربون 6)

السلسلة الرئيسة هبتين

الخطوة 2. رقّم السلسلة على أن تعطي أصغر رقم للرابطة الثنائية.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH=CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ على الكربون 4، CH₃ على الكربون 6)

السلسلة الرئيسة 2- هبتين

الخطوة 3. سمِّ كل مجموعة بديلة.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH=CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ على الكربون 4، CH₃ على الكربون 6)

كلتا المجموعتين البديلتين مجموعتا ميثيل

مجموعتا ميثيل

الخطوة 4. حدّد عدد كل مجموعة بديلة، وعين البادئة الصحيحة لتمثيل هذا العدد، ثمَّ أدخل أرقام المواقع لتحصل على البادئة كاملةً.

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3CH=CHCHCH_2CHCH_3$ (CH₃ على الكربون 4، CH₃ على الكربون 6)

السلسلة الرئيسة 2 – هبتين

مجموعتا ميثيل على المواقع 4 و 6

البادئة هي 4،6- ثنائي ميثيل

الخطوة 5. ليس هناك حاجة إلى كتابة أسماء التفرعات بالترتيب الهجائي؛ لأنها متماثلة. لذا أدخل البادئة الكاملة إلى اسم سلسلة الألكين الرئيسة، واستخدم الفواصل بين الأرقام، والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم:

4،6- ثنائي ميثيل-2-هبتين.

3 تقويم الإجابة

تحتوي أطول سلسلة كربونية على الرابطة الثنائية، وموقع الرابطة الثنائية له أصغر رقم ممكن. واستعملت البادئات الصحيحة وأسماء مجموعات الألكيل لتعيين التفرعات.

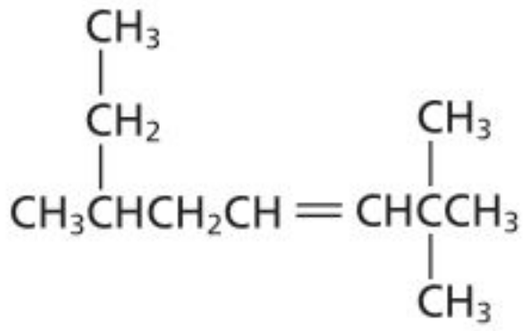
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مسائل تدريبية

17. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية IUPAC الآتية:

a. $CH_3CH=CHCHCH_3$ (CH_3 على $CHCH_3$)

b.



18. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للجزيء 1،3- بنتادايين.

خصائص الألكينات واستخداماتها الألكينات، مثل الألكانات، مواد غير قطبية، لذا فإن ذائبيتها قليلة في الماء، وتكون درجات انصهارها وغلياتها منخفضة. لكن الألكينات أكثر نشاطًا من الألكانات؛ حيث إن الرابطة المشتركة الثانية تزيد من الكثافة الإلكترونية بين ذرتي الكربون، مهيئةً بذلك موقعًا جيدًا للنشاط الكيميائي. وهذا يجعل المواد المتفاعلة قادرة على جذب إلكترونات الرابطة باي بعيدًا عن الرابطة الثنائية.

ينتج العديد من الألكينات بصورة طبيعية في المخلوقات الحية. فالإيثين، على سبيل المثال، هرمون تُنتجه النباتات على نحو طبيعي، وهو المسؤول عن عملية النضج في الفواكه، ويؤدي دورًا في عملية تساقط أوراق الأشجار إيذانًا بدخول فصل الشتاء. تنضج الفواكه الظاهرة في **الشكل 14-1** وغيرها من المنتجات التي تُباع في محلات البقالة صناعيًّا عند تعريضها للإيثين. ويُعد الإيثين من المواد الأولية المستخدمة في تصنيع مادة بولي إيثيلين البلاستيكية المستخدمة في صناعة الكثير من المنتجات، ومنها الحقائب البلاستيكية والحبال وعلب الحليب. وهناك ألكينات أخرى مسؤولة عن روائح الليمون الأصفر، والليمون الأخضر، وأشجار الصنوبر.

تجربة عملية

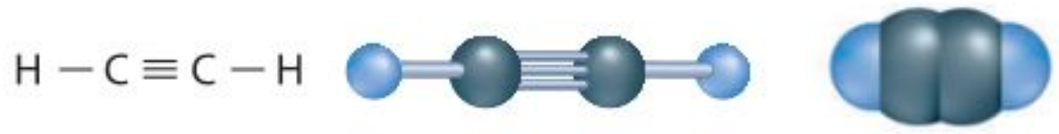
إنضاج الفاكهة بالإيثين

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 14-1 استخدام الإيثين في إنضاج الثمر يسمح للمزارعين بجني الفواكه والخضراوات قبل أن تنضج.

فسِّر لماذا يعدّ هذا نافعًا ومناسبًا للمزارعين؟

الشكل 15–1 تُمثّل هذه النماذج البنائية الثلاثة الإيثاين.



نماذج الإيثاين (الأسيتيلين)

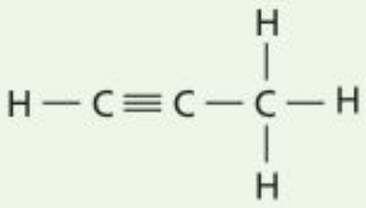
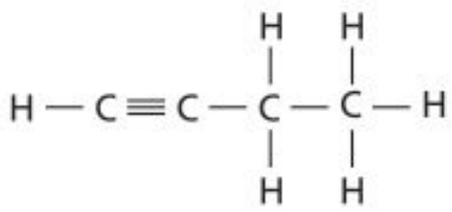
الألكاينات Alkynes

تُسمى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة أو أكثر بين ذرات الكربون الألكاينات. وتشـترك في الرابطة الثلاثية ثلاثة أزواج من الإلكترونات أحدها يكون رابطة سيجما والآخرين يكونان رابطتين باي. ويعد الإيثاين C_2H_2 أبسـط **الألكاينات** وأكثرها استخدامًا، وهو معروف على نطاق واسع باسمه الشائع، أسيتيلين. تفحّص نماذج الإيثاين في **الشكل 15–1**.

تسـمية الألكاينـات تُسـمى الألكاينات المسـتقيمة والمتفرعة بطريقة مماثلة للألكينات. والفرق الوحيد هو أن اسم السلسلة الرئيسة ينتهي بـ (اين) بدلاً من (ين). كما يظهر في أمثلة **الجدول 6–1**. وتُشكِّل الألكاينات المحتوية على رابطة ثلاثية واحدة سلسلةً متماثلة لها الصيغة العامة $C_n H_{2n-2}$.

مـاذا قـرأت؟ اسـتنتج، اعتمادًا على طبيعة روابـط الإيثاين، لماذا يتفاعـل بسرعة عالية مع الأكسجين؟

الجدول 6-1 أمثلة على الألكاينات

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	الصيغة البنائية المكثفة
إيثاين	C_2H_2	$H-C\equiv C-H$	$CH\equiv CH$
بروباين	C_3H_4		$CH\equiv CCH_3$
1 – بيوتاين	C_4H_6		$CH\equiv CCH_2CH_3$
2- بيوتاين	C_4H_6		$CH_3C\equiv CCH_3$

تجربة

تحضير الإيثاين وملاحظة خصائصه

لماذا يستخدم الإيثاين في مشاعل اللِّحام؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استخدم قطعة مطاط لتثبيت قطعة خشب رفيعة إلى طرف مسطرة طولها 40 cm تقريبًا، على أن يمتد 10 cm تقريبًا من قطعة الخشب خارج المسطرة.
3. ضع 120 mL ماء في كأس مدرجة سعتها 150 mL، وأضف إليها 5 mL من سائل (منظف) الجلي، ثم اخلطها جيدًا.
4. استخدم الملقط لالتقاط قطعة من كربيد الكالسيوم CaC_2 بحجم حبة البازلاء. تحذير: CaC_2 مادة كاوية وحارقة؛ فإذا لامس غبارها جلدك فاغسله بالماء فورًا. وضعها في المحلول الذي في الكأس.
5. استخدم عود ثقاب لإشعال قطعة الخشب، وأنت تمسك بالمسطرة من الطرف المقابل. وقرِّب قطعة الخشب المشتعلة حالاً من الفقاقيع الناتجة عن التفاعل الحاصل في الكأس. ثم أطفئ قطعة الخشب بعد ملاحظة التفاعل.
6. استخدم ساق التحريك لطرد بعض فقاقيع الإيثاين. هل تطفو في الهواء أم تغرق؟
7. اغسل الكأس الزجاجية جيدًا، ثم أضف 25 mL ماء مقطرًا وقطرة من محلول فينول فثالين. وضع قطعة صغيرة من CaC_2 في المحلول باستخدام الملقط، ثم لاحظ النتائج.

التحليل

1. **استنتج** ما الذي يمكنك أن تستنتجه حول كثافة الإيثاين مقارنة بكثافة الهواء؟
2. **توقع** يُنتِجُ تفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء مادتين، الأولى: غاز الإيثاين C_2H_2. فما المادة الثانية؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

خصائص الألكاينات واستعمالاتها للألكاينات خصائص فيزيائية وكيميائية شبيهة بالألكينات. وتخضع الألكاينات لكثير من التفاعلات التي تخضع لها الألكينات، إلا أن الألكاينات أكثر نشاطًا من الألكينات عمومًا؛ وذلك لأن الرابطة الثلاثية في الألكاينات تُشكّل كثافة إلكترونية أكبر ممّا في رابطة الألكينات الثنائية. إن هذا التجمع من الإلكترونات فعّال في تحفيز تكوين الأقطاب في الجزيئات المجاورة، مما يجعلها غير متماثلة الشحنة، لذا تكون أكثر نشاطًا.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

إن الإيثاين- المعروف بالأسيتيلين-ناتج ثانوي عن تنقية البترول، وينتج أيضًا بكميات كبيرة عن تفاعل كربيد الكالسيوم CaC_2 مع الماء. عندما يزوّد الإيثاين بكمية كافية من الأكسجين يحترق منتجًا لهبًا ذا حرارة عالية جدًّا قد تصل إلى 3000 °C، وتستعمل مشاعل الأسيتيلين عادةً في لحام الفلزات، كما في **الشكل 16-1**. ولأن الرابطة الثلاثية تجعل الألكاينات أكثر نشاطًا فإن الألكاينات البسيطة كالإيثاين تُتخذ موادّ أولية في صناعة البلاستيك وغيرها من المواد الكيميائية العضوية المستخدمة في الصناعة.

الشكل 16-1 يتفاعل الإيثاين، أو الأسيتيلين، مع الأكسجين وفق المعادلة:

$$2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$$

وتنتج كمية كافية من الحرارة تستعمل في لحام الفلزات.

التقويم 3-1

الخلاصة

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحوي على الأقل رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

19. **الفكرة الرئيسة** **صف** كيف تختلف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغة البنائية للألكانات.

20. **حدّد** كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات والألكاينات عمّا تتصف به الألكانات.

21. سمِّ الصيغ البنائية أدناه مستخدمًا قواعد نظام الأيوباك.

a. $CH \equiv CCH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CHCH = CHCH_2CH_3$ (مع CH_3 متفرع على ذرة الكربون الثالثة)

22. **اكتب** الصيغة البنائية لـ 4-ميثيل-1،3 بنتادايين و 2،3- ثنائي ميثيل-2-بيوتين.

23. **استنتج** كيف تُقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكل من الألكاينات والألكانات التي تحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. فسر إجابتك.

24. **توقع** ما الترتيبات الهندسية التي تتوقع أن تكونها الروابط المحيطة بذرة الكربون في الألكانات، والألكينات، والألكاينات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–4

الأهداف

- **تميز** بين الفئتين الرئيستين للمتشكلات البنائية والفراغية.
- **تفرّق** بين المتشكلات الهندسية ذات البادئة سيس والبادئة ترانس.
- **تصف** الاختلاف البنائي في الجزيئات التي تنتج عن المتشكلات الضوئية.

مراجعة المفردات

الإشعاع الكهرومغناطيسي: أمواج مستعرضة تحمل الطاقة خلال الفراغ.

المفردات الجديدة

المتشكلات
المتشكلات البنائية
المتشكلات الفراغية
المتشكلات الهندسية
الكيرالية
ذرة الكربون غير المتماثلة
المتشكلات الضوئية
الدوران الضوئي

متشكلات الهيدروكربونات

Hydrocarbon Isomers

الفكرة الرئيسة **لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.**

الربط مع الحياة هل قابلت يومًا توأمين متماثلين؟ للتوأمين المتماثلين التكوين الجيني نفسه، ومع ذلك فهما فردان مستقلان لكل منهما شخصيته. والمتشكّلات شبيهة بالتوائم؛ إذْ لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في شكلها البنائي وخصائصها.

المتشكلات البنائية Structural Isomers

تفحص نماذج الألكانات الثلاثة في **الشكل 17–1** لتحديد أوجه التشابه والاختلاف؛ إذ يحتوي كل من النماذج الثلاثة على 5 ذرات كربون و12 ذرة هيدروجين، لذا فإن لها الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. ومع ذلك تمثل هذه النماذج ثلاثة تركيبات (ترتيبات) مختلفة من الذرات، وثلاثة مركبات مختلفة: بنتان، و 2– ميثيل بيوتان، و 2،2– ثنائي ميثيل بروبان. إن هذه المركبات الثلاثة هي متشكلات isomers. و**المتشكلات** عبارة عن اثنان أو أكثر من المركبات، لها الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أنها تختلف في صيغها البنائية. لاحظ أن البنتان الحلقي والبنتان العادي ليسا متشكلين؛ لأن الصيغة الجزيئية للأول هي C_5H_{10}.

هناك فئتان رئيستان من المتشكلات. ويُبين **الشكل 17–1** مركبات تعدّ أمثلة على **المتشكلات البنائية**. وللمتشكلات البنائية الصيغة الجزيئية نفسها، إلا أن مواقع (ترتيب) الذرات فيها تختلف. وعلى الرغم من اشتراك المتشكلات البنائية في الصيغة الجزيئية نفسها إلا أنها تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية. وتدعم هذه الملاحظة أحد أهم مبادئ الكيمياء الذي ينص على أن "بناء المادة يحدد خصائصها". كيف يرتبط نمط تغير درجات غليان متشكلات C_5H_{12} بصيغها البنائية؟

كلما زاد عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون ازداد عدد المتشكلات البنائية المحتملة. فعلى سبيل المثال، هناك 9 ألكانات ذات الصيغة الجزيئية C_7H_{16}. وهناك أكثر من 300,000 متشكل بنائي يحمل الصيغة الجزيئية $C_{20}H_{42}$.

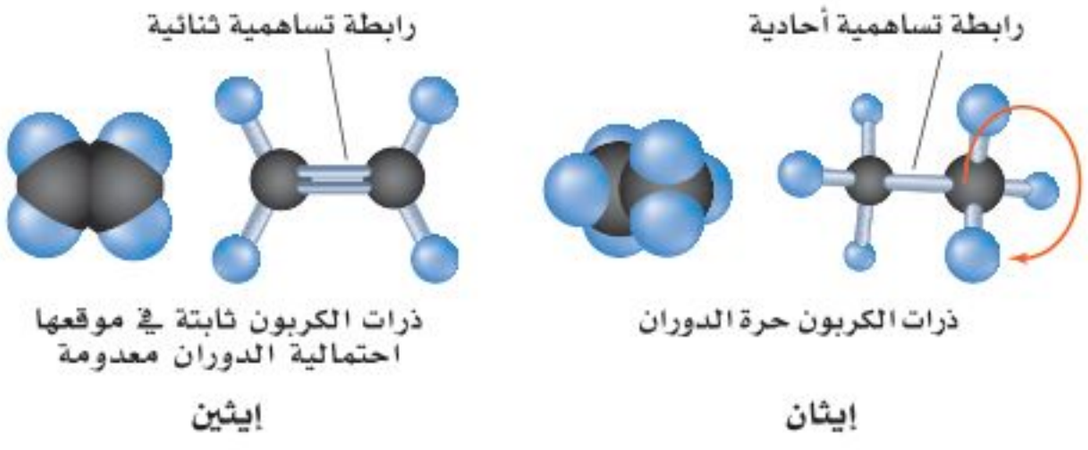
تجربة عملية

التشكل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 17–1 إن هذه المركبات المشتركة في الصيغة الجزيئية متشكلات بنائية. لاحظ الاختلاف في درجات غليانها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 18–1 تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة تساهمية أحادية في الإيثان حرة الدوران حول الرابطة، في حين تقاوم ذرتا الكربون الثنائيتا الربط في الإيثين عملية الدوران.

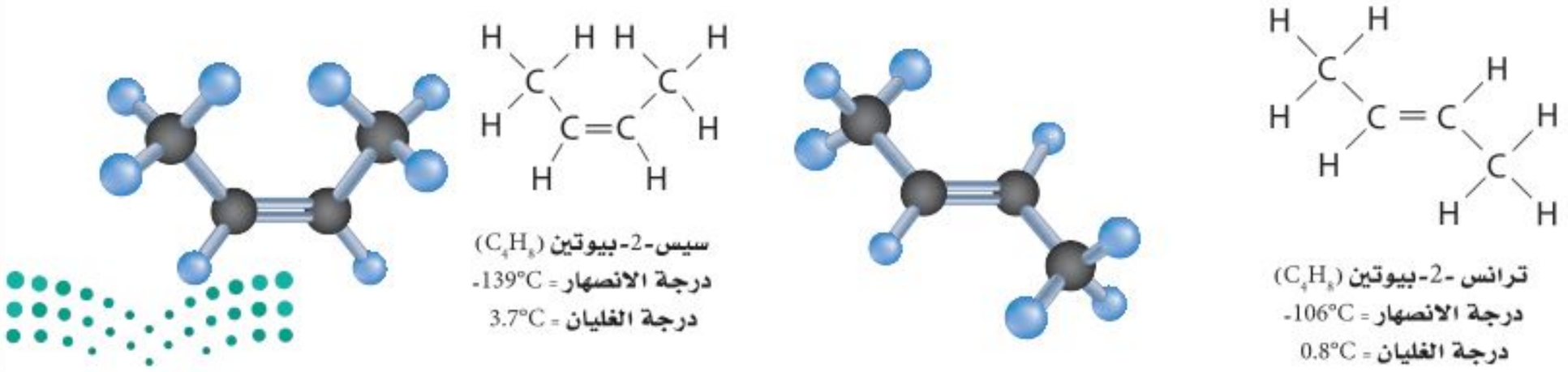
فسّر كيف يؤثر اختلاف القدرة على الدوران في الذرات أو مجموعات الذرات المرتبطة بذرات الكربون ذات الربط الأحادي أو الثنائي.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers

تختلف الفئة الثانية من المتشكلات بفارق خفي ودقيق جدًّا في الروابط؛ **فالمتشكلات الفراغية** متشكلات ترتبط فيها الذرات بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ). وهناك نوعان من المتشكلات: أحدهما في الألكانات، التي تحتوي على روابط أحادية، حيث تكون ذرتا الكربون المرتبطتان برابطة أحادية قادرتين على الدوران بسهولة إحداهما حول الأخرى. والثانية في الألكينات عند وجود رابطة تساهمية ثنائية، حيث لا يسمح للذرات بالدوران، وتبقى ثابتة في مكانها، كما في **الشكل 18–1**.

قارن بين الصيغتين البنائيتين المحتملتين لـ 2- بيوتين في **الشكل 19–1**. إن التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الميثيل في الجهة نفسها من الجزيء يشار إليه بالبادئة (سيس)، في حين يُشار إلى التركيب الذي تكون فيه مجموعتا الألكيل في جهتين متقابلتين من الجزيء بالبادئة (ترانس). وهذه المصطلحات مشتقة من اللغة اللاتينية: (سيس) تعني الجهة نفسها، و(ترانس) تعني الجهة الأخرى. ولأن ذرات الكربون الثنائية الربط غير قادرة على الدوران فإن التركيب سيس لا يستطيع التحول بسهولة إلى التركيب ترانس.

الشكل 19–1 يختلف هذان المتشكلان لـ 2 - بيوتين في الترتيب الفراغي لمجموعتي الميثيل عند الأطراف. لا تستطيع ذرات الكربون الثنائية الربط الدوران بعضهما حول بعض، فتبقى مجموعتا الميثيل ثابتتين في أحد هذه الترتيبات.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 20–1 إن انعكاس يدك اليمنى في المرآة يبدو تمامًا مثل يدك اليسرى.

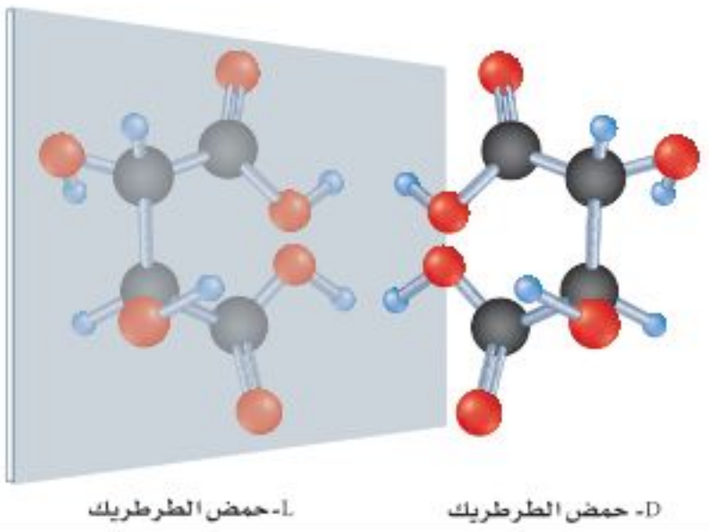
وتُسمى المتشكلات الناتجة عن اختلاف ترتيب المجموعات واتجاهها حول الرابطة الثنائية **بالمتشكلات الهندسية**. لاحظ أن اختلاف الترتيب الهندسي يؤثر في الخصائص الفيزيائية للمتشكلات الهندسية، ومنها درجات الانصهار والغليان. وتختلف المتشكلات الهندسية أيضًا في بعض خصائصها الكيميائية. وإذا كان المركب نشطًا بيولوجيًّا، كما هو الحال في مركبات الأدوية، كان لمتشكلات سيس و ترانس عادةً تأثيرات مختلفة وواضحة جدًّا.

ماذا قرأت؟ فسّر كيف تختلف المتشكلات البنائية عن المتشكلات الهندسية؟

الكيرالية Chirality

الربط مع علم الأحياء في عام 1848م، أعلن الكيميائي الفرنسي الشاب لويس باستور (1822–1895م) عن اكتشافه وجود بلورات المركب العضوي حمض الطرطريك، في صورتين، العلاقة بينهما كعلاقة جسم وصورته في المرآة. ولأن يدي الإنسان كل منهما صورة للأخرى في المرآة، كما في **الشكل 20–1**، لذا سُميت أشكال البلورات نموذج اليد اليمنى ونموذج اليد اليسرى. ولشكلي حمض الطرطريك الخصائص الكيميائية نفسها، وكذلك لهما درجة الانصهار، والكثافة، والذائبية في الماء نفسها، غير أن شكل اليد اليسرى نتج عن عملية التخمير، ويسبب تكاثر البكتيريا بعد تغذيها عليه.

يظهر الشكلان البلوريان لحمض الطرطريك في التركيبين في **الشكل 21–1**. ويُطلق اليوم على هذين الشكلين D – حمض الطرطريك، و L– حمض الطرطريك. ويرمز الحرفان D وL إلى البادئتين اللاتينيتين(dextro) وتعني



الشكل 21–1 تمثل هذه النماذج شكلي حمض الطرطريك اللذين درسهما باستور. إذا انعكس النموذج الأيمن لحمض الطرطريك (D- حمض الطرطريك) في المرآة تصبح صورته نموذجًا لحمض الطرطريك الأيسر (L-حمض الطرطريك).

واقع الكيمياء في الحياة

الدهون غير المشبعة

المتشكلات في الغذاء تسمى الدهون ذات متشكلات ترانس بدهون ترانس. وتحضر الكثير من الأطعمة المغلّفة باستخدام دهون ترانس؛ لأن لها فترة حفظ أطول. وتشير الدلائل إلى أن هذه الدهون تزيد من نوع الكولسترول الضار، وتقلل من النوع النافع، مما يزيد من احتمالية الإصابة بأمراض القلب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

جهة اليمين، و (levo) وتعني جهة اليسار. وتُسمّى الخاصية التي يوجد فيها الجزيء في صورتين إحداهما تشبه صورة اليد اليمنى والأخرى تشبه صورة اليد اليسرى **الكيرالية**. وتتمتع الكثير من المواد الموجودة في المخلوقات الحية ـ ومنها الحموض الأمينية المكوِّنة للبروتينات ـ بهذه الكيرالية.

وتستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط من المادة؛ لأن هذا الشكل وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

المتشكلات الضوئية Optical Isomers

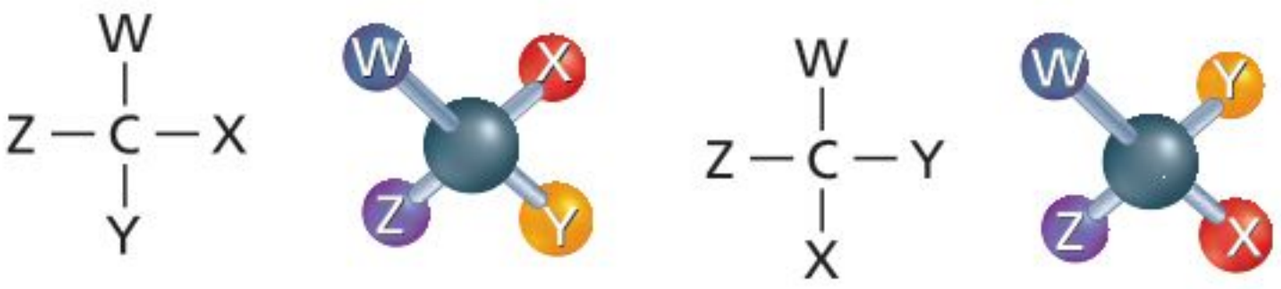
أدرك الكيميائيون في العقد السادس من القرن التاسع عشر 1860م وجود خاصية الكيرالية في المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة. و**ذرة الكربون غير المتماثلة** هي تلك التي ترتبط بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة. إذ يمكن دائمًا ترتيب المجموعات الأربع بطريقتين مختلفتين. فمثلاً، افترض أن المجموعات W و X و Y وZ مرتبطة مع ذرة الكربون نفسها في التركيبين المبينين في **الشكل 22-1**، فستلاحظ أن سبب الاختلاف بين التركيبين هو تبديل مواقع المجموعتين X وY. ولا تستطيع تدوير الشكلين بأي طريقة ليصبحا متطابقين تمامًا.

المطويات

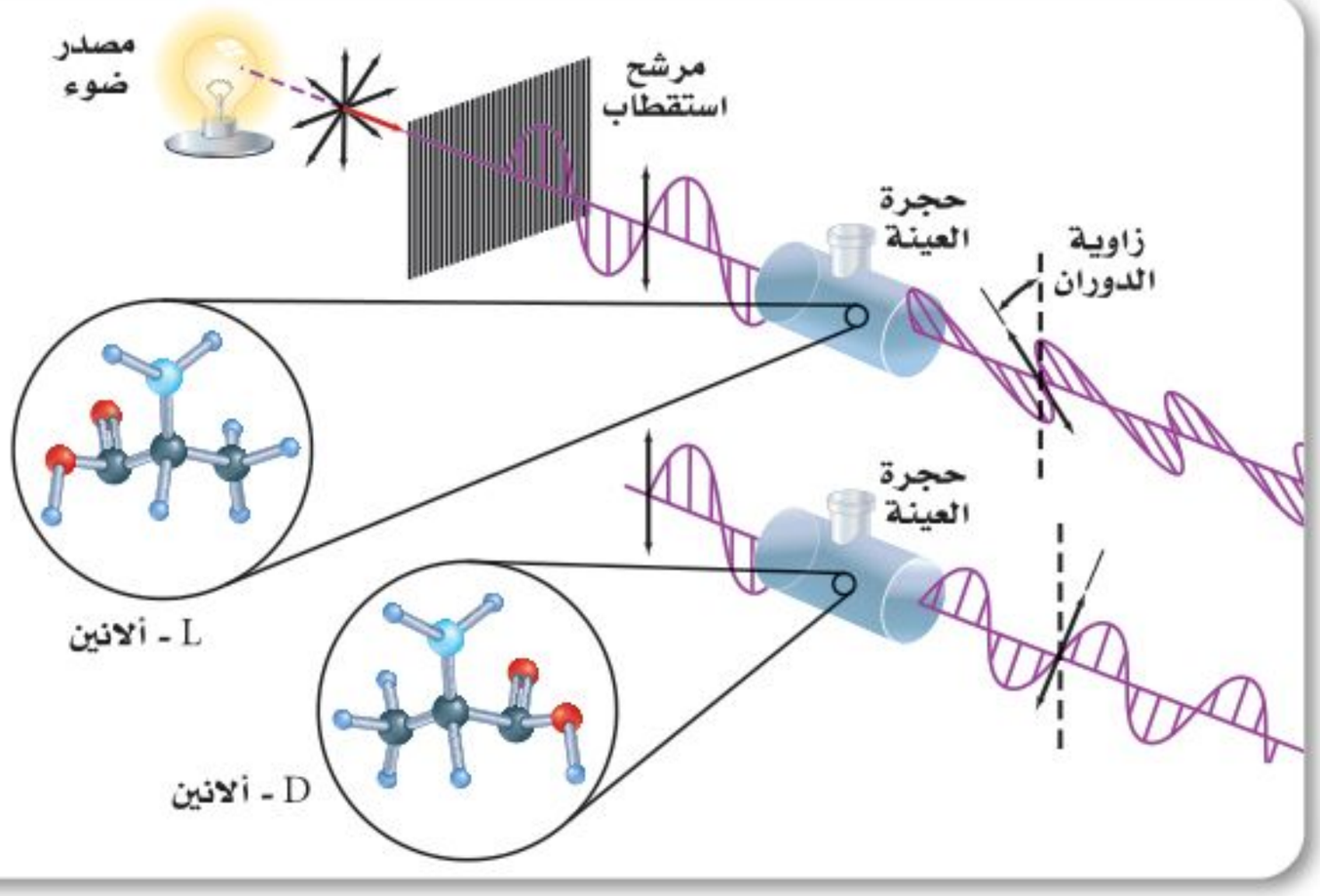
أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

والآن افترض أنك بنيت نماذج لهذين الشكلين، فهل توجد أي طريقة تستطيع بها تحويل أحد هذين الشكلين ليبدو مثل الآخر تمامًا؟ (بغض النظر عن بروز الأحرف إلى الأمام أو الخلف). ستكتشف أنه ليس هناك طريقة لإنجاز هذه المهمة دون إزالة X وY من ذرة الكربون وتبديل موقعيهما. لذا فإن الجزيئين مختلفان حتى لو كانا يبدوان متشابهين كثيرًا.

المتشكلات الضوئية متشكلات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها الاّ أنّ تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية. ما عدا التفاعلات الكيميائية التي تكون فيها الكيرالية مهمة، ومنها التفاعلات المحفَّزَة



الشكل 22-1 تمثل هذه النماذج جزيئين مختلفين، جرى تبديل مواقع المجموعتين X وY فيهما.



الشكل 23–1 يَنتُج الضوء المستقطب بتمرير الضوء العادي من خلال مُرَشِّح (فلتر) يبث فقط الموجات الضوئية التي تقع في مستوى واحد. تقع الموجات الضوئية المرشّحة (المفلترة) في مستوى عمودي قبل أن تمر خلال العينة. ويؤدي المتشكلان إلى دوران الضوء في اتجاهين مختلفين.

بالإنزيمات في الأنظمة البيولوجية. فالخلايا البشرية مثلاً تسمح بدخول الحموض الأمينية من نوع (L) فقط في بناء البروتينات. كما أن النوع (L) من حمض الإسكوربيك فعال بوصفه فيتامين C. وتعد الكيرالية في جزيء الدواء مهمة أيضًا. فمثلاً يكون متشكل واحد فقط في بعض الأدوية فعالاً في حين قد يكون الآخر ضارًّا.

الدوران الضوئي إن المتشكلات التي يكون كل منها صورة مرآة للآخر تُسمى المتشكلات الضوئية؛ لأنها تؤثر في الضوء المار خلالها. عادةً تتحرك الأمواج الضوئية في حزمة الضوء الصادرة عن الشمس أو المصباح في المستويات المحتملة جميعها. ولكن يمكن تصفية الضوء أو عكسه بطريقة تجعل الأمواج الناتجة جميعها تقع في المستوى نفسه. ويُسمى هذا النوع من الضوء الناتج الضوء المستقطب.

عندما يمر الضوء المستقطب خلال محلول يحتوي على متشكل ضوئي فإن مستوى الاستقطاب يدور إلى اليمين (مع عقارب الساعة، عندما تنظر إلى مصدر الضوء) بتأثير متشكل D، أو إلى اليسار (عكس عقارب الساعة) بتأثير متشكل L، مُنتجًا التأثير المُسمّى **الدوران الضوئي**. ويظهر هذا التأثير في **الشكل 23–1**.

قد يكون L – مينثول أحد المتشكلات الضوئية التي تستخدمها في حياتك. ولهذا المتشكل الطبيعي نكهة النعناع الحادة، وله تأثير منعش أيضًا. أمّا المتشكل الآخر (صاحب صورة المرآة) D– مينثول فليس له التأثير المنعش الخاص بـ L– مينثول نفسه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 4-1

الخلاصة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لهما الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في تركيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

25. الفكرة الرئيسة **اكتب** المتشكلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة الجزيئية C_6H_{14} جميعها، على أن تظهر فقط سلاسل الكربون.

26. فسّر الفرق بين المتشكلات البنائية والمتشكلات الفراغية.

27. ارسم أشكال كل من سيس–3–هكسين وترانس–3–هكسين.

28. استنتج لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟

29. قوّم يُنتج تفاعل معين 80% ترانس–2–بنتين و 20% سيس–2– بنتين. ارسم شكل هذين المتشكلين الهندسيين، وكوِّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشكلين بهذه النسبة.

30. اعمل نماذج ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكلين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات الآتية مع ذرة الكربون:

$-H$, $-CH_3$; $-CH_2CH_3$; $-CH_2CH_2CH_3$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1–5

الأهداف

- **تقارن** بين خواص الهيدروكربونات الأروماتية والأليفاتية.
- **توضح** المقصود بالمادة المسرطنة وتذكر بعض الأمثلة عليها.
- **تسمي** المركبات الهيدروكربونية الأروماتية.

مراجعة المفردات

المجالات المهجنة: دمج المجالات الإلكترونية المختلفة في الشكل والطاقة للحصول على مجالات إلكترونية متماثلة الشكل والطاقة.

المفردات الجديدة

المركب الأروماتي

المركب الأليفاتي

الهيدروكربونات الأروماتية
Aromatic Hydrocarbons

الفكرة الرئيسة **تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.**

الربط مع الحياة ما الشيء المشترك بين الأنسجة ذات الألوان الزاهية والزيوت العطرية (الطيارة) المستخدمة في العطور؟ كل منهما يحتوي على هيدروكربونات أروماتية.

الصيغة البنائية للبنزين The Structure of Benzene

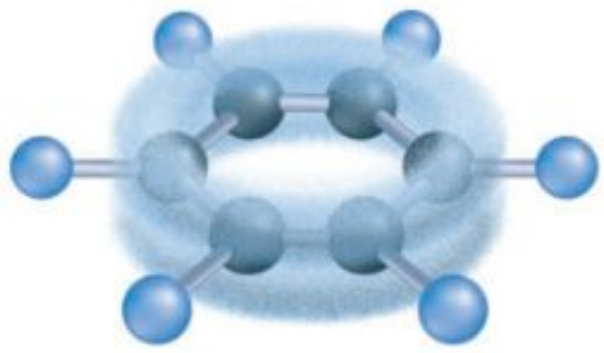
إن الأصباغ الطبيعية ـ ومنها تلك الموجودة في الأنسجة الظاهرة في **الشكل 24-1** ـ والزيوت العطرية، تحتوي على صيغ بنائية ذات حلقة كربون سداسية. وقد عرفت هذه المركبات واستخدمت منذ قرون. فقد كان لدى الكيميائيين في منتصف القرن التاسع عشر معرفة ودراية أساسية بأشكال الهيدروكربونات البنائية ذات الروابط المشتركة الأحادية والثنائية والثلاثية. ومع ذلك بقيت بعض التراكيب الحلقية غامضة.

إن أبسط مثال على هذه الفئة من الهيدروكربونات هو البنزين، الذي عُزل أول مرة عام 1825م على يد الفيزيائي البريطاني مايكل فاراداي Michael Faraday (1791–1867م) من الغازات المنبعثة عند تسخين زيوت الحيتان أو الفحم. ورغم قيام الكيميائيين بتحديد صيغة البنزين الجزيئية بـ C_6H_6 إلا أنه كان من الصعب عليهم تحديد البناء الهيدروكربوني الذي يعطي هذه الصيغة. فصيغة الهيدروكربون المشبع ذي ذرات الكربون الست هي C_6H_{14}. ولأن جزيء البنزين ينقصه القليل من ذرات الهيدروجين، فقد استنتج الكيميائيون أن من الضروري أن يكون غير مشبع؛ وهذا يعني أن لديه بعض الروابط الثنائية أو الثلاثية أو كلتيهما معًا. واقترحوا الكثير من الصيغ البنائية المختلفة، ومنها الصيغة أدناه التي اقترحت عام 1860م.

$$CH_2 = C = CH - CH = C = CH_2$$

الشكل 24–1 استعملت الأصباغ لإنتاج الأنسجة ذات الألوان الزاهية على مر العصور.

فسّر ما الشيء المشترك بين الأصباغ الطبيعية والزيوت الطيارة (العطرية) المستخدمة في العطور؟



الشكل 25–1 تتوزع إلكترونات البنزين الرابطة بالتساوي في صورة كعكة ثنائية حول الحلقة بدلاً من البقاء قريبة من الذرات المنفردة.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

أروماتي (Aromatic)

الاستعمال العلمي: مركب عضوي ثابت التركيب بسبب عدم بقاء الإلكترونات في مكان واحد.

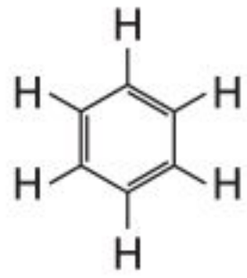
كأن نقول مثلاً: البنزين مركب أروماتي

الاستعمال الشائع: لها رائحة قوية.

كأن نقول مثلاً: هذا العطر ذو رائحة قوية.

وعلى الرغم من أن الصيغة الجزيئية لهذه الصيغة البنائية هي C_6H_6 فإن مثل هذا الهيدروكربون غير مستقر وشديد التفاعل؛ لوجود العديد من الروابط الثنائية، إلا أن البنزين مادة غير نشطة كيميائيًّا، ولا تتفاعل بالطرائق التي تتفاعل بها الألكينات والألكاينات عادة. ولهذا السبب استنتج العلماء أن مثل هذه الصيغة البنائية غير صحيحة.

حُلم كيكولي في عام 1865م اقترح الكيميائي الألماني فريدريك أوجست كيكولي Friedric August Kekulé (1829–1896م) صيغةً بنائيةً مختلفةً للبنزين– وهي شكل سداسي يتكون من ذرات الكربون تتناوب فيه الروابط الأحادية والثنائية. فكيف تُقارَنُ الصيغة الجزيئية لهذا الشكل بالصيغة الجزيئية للبنزين؟



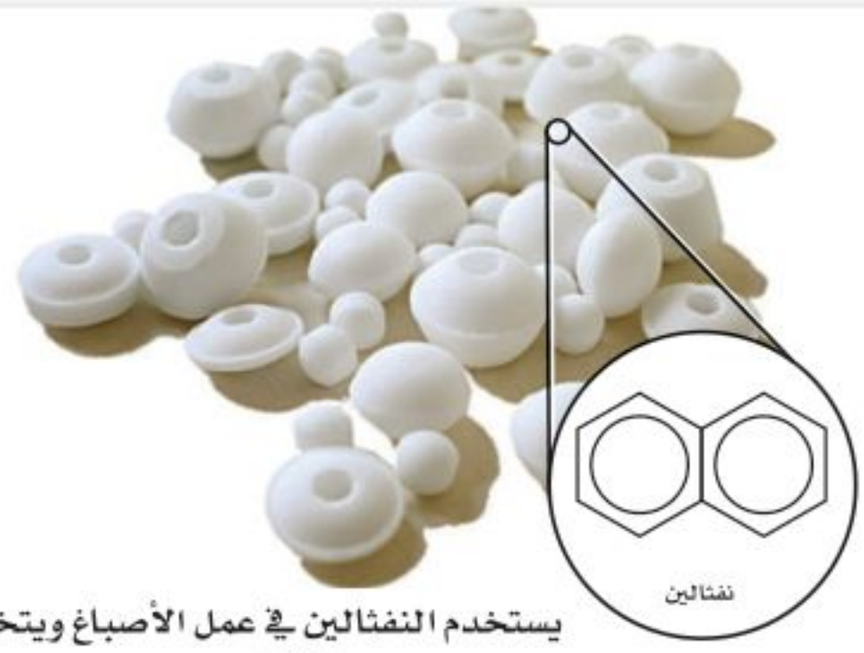
ادّعى كيكولي أنه رأى الصيغة البنائية للبنزين في المنام عندما غلبه النعاس أمام الموقد في مدينة "جنت"، ببلجيكا، إذ قال إنه حلم بـ"أوروبوروس، Ouroboros"، وهو شعار مصري قديم تظهر فيه أفعى تفترس ذيلها، مما جعله يفكر في الشكل الحلقي. ويفسر الشكل السداسي المُسطح الذي اقترحه كيكولي بعض خصائص البنزين، ولكنه لا يفسر ضعف نشاطه الكيميائي.

نموذج البنزين الحديث أكدت الأبحاث منذ اقتراح كيكولي أن الصيغة البنائية للبنزين هي فعلاً الشكل السداسي. وعلى الرغم من ذلك لم يُفسر ضعف النشاط الكيميائي للبنزين حتى 1930م، عندما اقترح لينوس باولينج نظرية المجالات المهجنة. وعند تطبيقها على البنزين تنبأت هذه النظرية أن أزواج الإلكترونات المكونة لروابط البنزين الثنائية لا تتجمع بين ذرتي كربون محدّدتين كما هو الحال في الألكينات. وعوضًا عن ذلك تكون أزواج الإلكترونات غير متمركزة (متحركة) delocalized، مما يعني أنها تشترك في جميع ذرات الكربون الست في الحلقة.

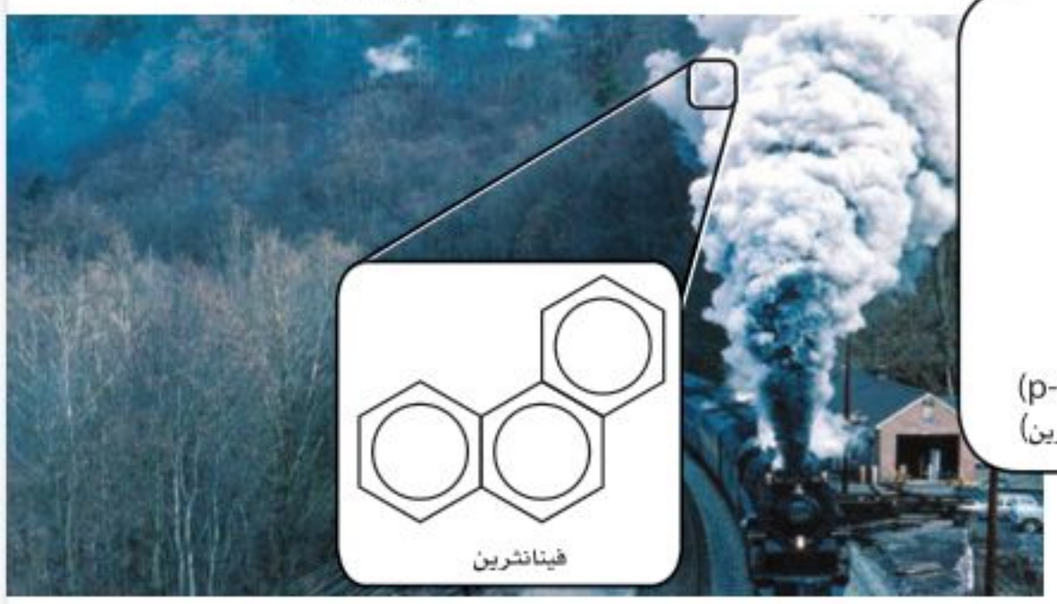
والشكل **25–1** يُوضح أن عدم التمركز هذا يجعل جزيء البنزين ثابتًا كيميائيًّا؛ لأن الإلكترونات المشتركة مع ست نوى كربون يصعب سحبها بعيدًا مقارنة بالإلكترونات الثابتة حول نواتين فقط. ولا تُكتَب ذرات الهيدروجين الست عادةً في الشكل، ولكن من الضروري أن تتذكر أنها موجودة. وفي هذا التمثيل ترمز الدائرة في منتصف الشكل السداسي إلى الغيمة المكونة من أزواج الإلكترونات الثلاثة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

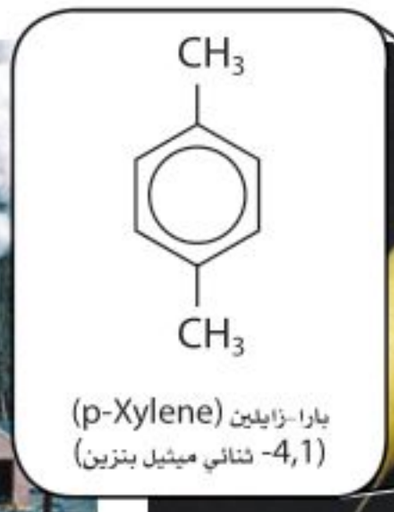
يستخدم الأنثراسين في إنتاج الأصباغ والدهان.

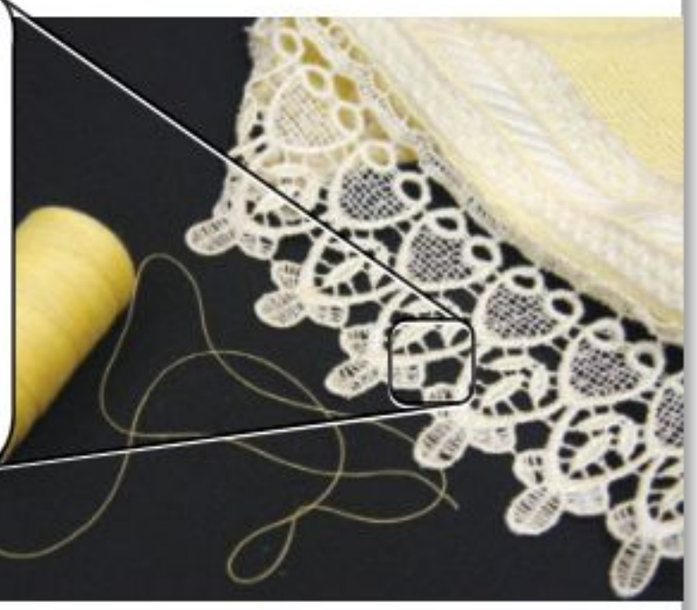


يستخدم النفثالين في عمل الأصباغ ويتخذ طاردًا للعث.



يكثر الفينانثرين في الجو بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات.





يستخدم الزايلين في عمل ألياف البوليستر والأنسجة.

المركبات الأروماتية Aromatic Compounds

تُسمّى المركّبات العضوية التي تحتوي على حلقات البنزين جزءًا من بنائها **المركّبات الأروماتية**. استخدم المصطلح أروماتي (aromatic) في الأصل لأن الكثير من المركبات المرتبطة مع البنزين والمعروفة في القرن التاسع عشر، وُجدت في الزيوت ذات الرائحة الطيبة الموجودة في البهارات، والفواكه، وغيرها من أجزاء النباتات. وتسمى الهيدروكربونات مثل الألكانات، والألكينات والألكاينات **المركبات الأليفاتية** لتميزها عن المركبات الأروماتية. وكلمة أليفاتي (aliphatic) يونانية الأصل، تعني الدُّهن. وذلك أن الكيميائيين القدامى حصلوا على المركبات الأليفاتية بتسخين دهون الحيوانات وشحومها. ما الأمثلة على الدهون الحيوانية التي قد تحتوي على مركبات أليفاتية؟

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا استمرّ الكيميائيون في استخدام مصطلحي المركبات الأروماتية والمركبات الأليفاتية إلى الآن؟

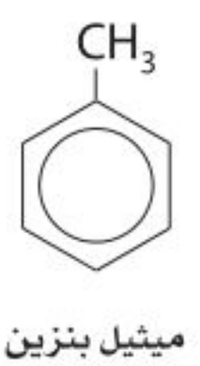
تظهر الصيغة البنائية لبعض المركبات الأروماتية في **الشكل 26–1**. لاحظ أن الصيغة البنائية للنفثالين تبدو كحلقتي بنزين متلاصقتين جنبًا إلى جنب. ويعد النفثالين مثالاً على نظام الحلقات الملتحمة (fused)، بحيث يحتوي المركب العضوي على حلقتين أو أكثر تشتركان في الضلع نفسه. وتتشارك ذرات الكربون المكوِّنة للحلقات بالإلكترونات كما في البنزين.

الشكل 26–1 توجد الهيدروكربونات الأروماتية في البيئة بسبب الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتستخدم في صناعة الكثير من المنتجات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

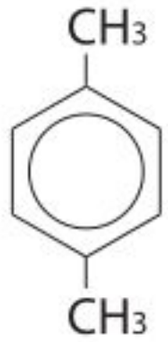
تسـمية المركبات العضوية الأروماتية للمركبـات الأروماتية القدرة على امتلاك مجموعات مختلفة مرتبطة مع ذرات الكربون فيها كبقية الهيدروكربونات. فمثلاً، يتألف ميثيـل البنزين، المعروف أيضًا بـ(التولوين toluene)، من مجموعة ميثيل مرتبطة مع حلقة البنزين بدلاً من ذرة هيدروجين واحدة. ومتى وجدت مجموعة بديلة مرتبطة مع حلقة البنزين تذكّر أن ذرة الهيدروجين لم تعد هناك.

وتسـمى مركبات البنزين ذات المجموعات البديلة بطريقة الألكانات الحلقية نفسها. فعلى سبيل المثال، يحتوي إيثيل بنزين على مجموعة إيثيل، المكوّنة من ذرتي كربون متصلة بالحلقـة، ويحتوي 1،4– ثنائي ميثيل بنزيـن، para – xylene، على مجموعتي ميثيل متصلتين بالموقعين 1 و 4.



ميثيل بنزين
(تولوين)

إيثيل بنزين

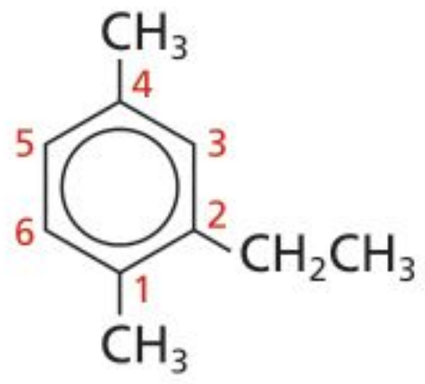


1، 4–ثنائي ميثيل بنزين

وتُرقَّم حلقات البنزيـن المتفرعة تمامًا مثل الألكانات الحلقيـة المتفرعة بطريقة تعطي أصغـر أرقام ممكنة لمواقع المجموعات البديلة أو (التفرعات)، كما في **الشـكل 27–1**. إن ترقيـم الحلقة ـ كما هو مبين ـ يعطي الأرقـام 1 ،2، و4 لمواقع المجموعات البديلة. ولأن كلمة إيثيل تأتي قبل ميثيل في الترتيب الهجائي، لذا فإنها تكتب أولاً على الصورة: 2–إيثيل–1، 4– ثنائي ميثيل بنزين.

ماذا قرأت؟ **فسّر** ماذا تعني الدائرة داخل الحلقـة السـداسيـة الظاهرة في **الشكل 27–1**؟

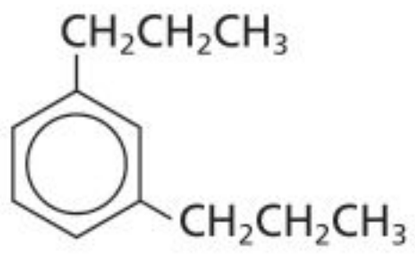
الشـكل 27–1 تسمى حلقات البنزين ذات التفرعـات بطريقـة تسـمية الألكانـات الحلقية نفسها.



2 – إيثيل – 1، 4 – ثنائي ميثيل بنزين

مثال 4-1

تسمية المركّبات الأروماتية سمِّ المركّب الأروماتي الآتي.

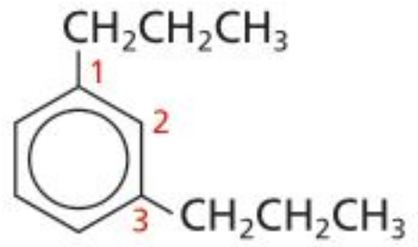


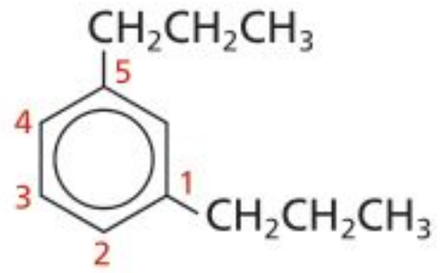
1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت مركبًا أروماتيًّا، اتبع القواعد لتسميته.

2 حساب المطلوب

الخطوة 1. رقّم ذرات الكربون لإعطاء أصغر أرقام ممكنة.





إن الرقمين 1 و 3 كما ترى أصغر من الرقمين 1 و 5.

لذا فإن الأرقام التي يجب استخدامها لترقيم الهيدروكربون هي 1 و 3.

الخطوة 2. حدّد أسماء المجموعات البديلة. إذا تكررت المجموعة نفسها أكثر من مرة فأضف البادئة الدالة على عدد المجموعات الموجودة.

الخطوة 3. جمّع الاسم، ورتب المجموعات البديلة هجائيًّا، مستخدمًا الفواصل بين الأرقام والشرطات بين الأرقام والكلمات، ثم اكتب الاسم على الصورة 1، 3- ثنائي بروبيل بنزين.

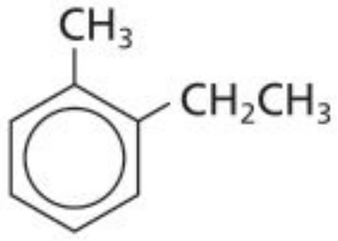
3 تقويم الإجابة

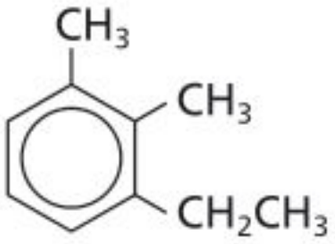
رُقّمت حلقة البنزين لتعطي التفرعات أصغر مجموعة ممكنة من الأرقام، وحُدّدت أسماء المجموعات البديلة على نحوٍ صحيح.

مسائل تدريبية

31. سمّ الصيغ البنائية الآتية:

a.

b. 

c. 

32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركب 1، 4- ثنائي ميثيل بنزين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 28–1 بنزوبايرين مادة كيميائية مسببة للسرطان، توجد في الرماد، وفي دخان السجائر وعوادم السيارات.

المواد المسرطنة شاع سابقًا استخدام الكثير من المركبات الأروماتية، وبخاصة البنزين والتولووين والإكزايلين، بوصفها مذيبات صناعية ومختبرية، إلا أن الاختبارات أظهرت ضرورة الحد من استخدام هذه المركبات؛ لأنها تؤثر في صحة الأشخاص المعرّضين لها بصورة متكررة. وتشمل المخاطر الصحية المرتبطة مع المركبات الأروماتية أمراض الجهاز التنفسي، والمشاكل المتعلقة بالكبد، وتلف الجهاز العصبي. وبالإضافة إلى هذه المخاطر فإن بعض المركبات الأروماتية مواد مسرطنة، أي تسبب مرض السرطان.

إن أول مادة مسرطنة تمّ تعرّفها هي مادة أروماتية اكتشفت في القرن العشرين في سِناج المداخن. وقد عُرف منظفو المداخن في بريطانيا بإصابتهم بالسرطان بمعدلات عالية جدًّا. واكتشف العلماء أن السبب في ذلك يعود إلى المركب الأروماتي بنزوبايرين الظاهر في **الشكل 28–1**، وهو ناتج ثانوي عن احتراق المخاليط المعقدة من المواد العضوية، ومنها الخشب والفحم. وعُرفت أيضًا بعض المركبات الأروماتية الموجودة في الجازولين على أنها مسرطنة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 5-1

الخلاصة

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءًا من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

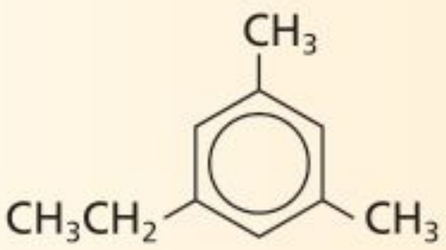
33. الفكرة الرئيسة **فسّر** الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

34. فسّر كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

35. صف خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كونه ألكينًا ذا روابط ثنائية متعددة.

36. سمِّ الصيغ البنائية الآتية:

a.



b. $CH_2CH_2CH_3$

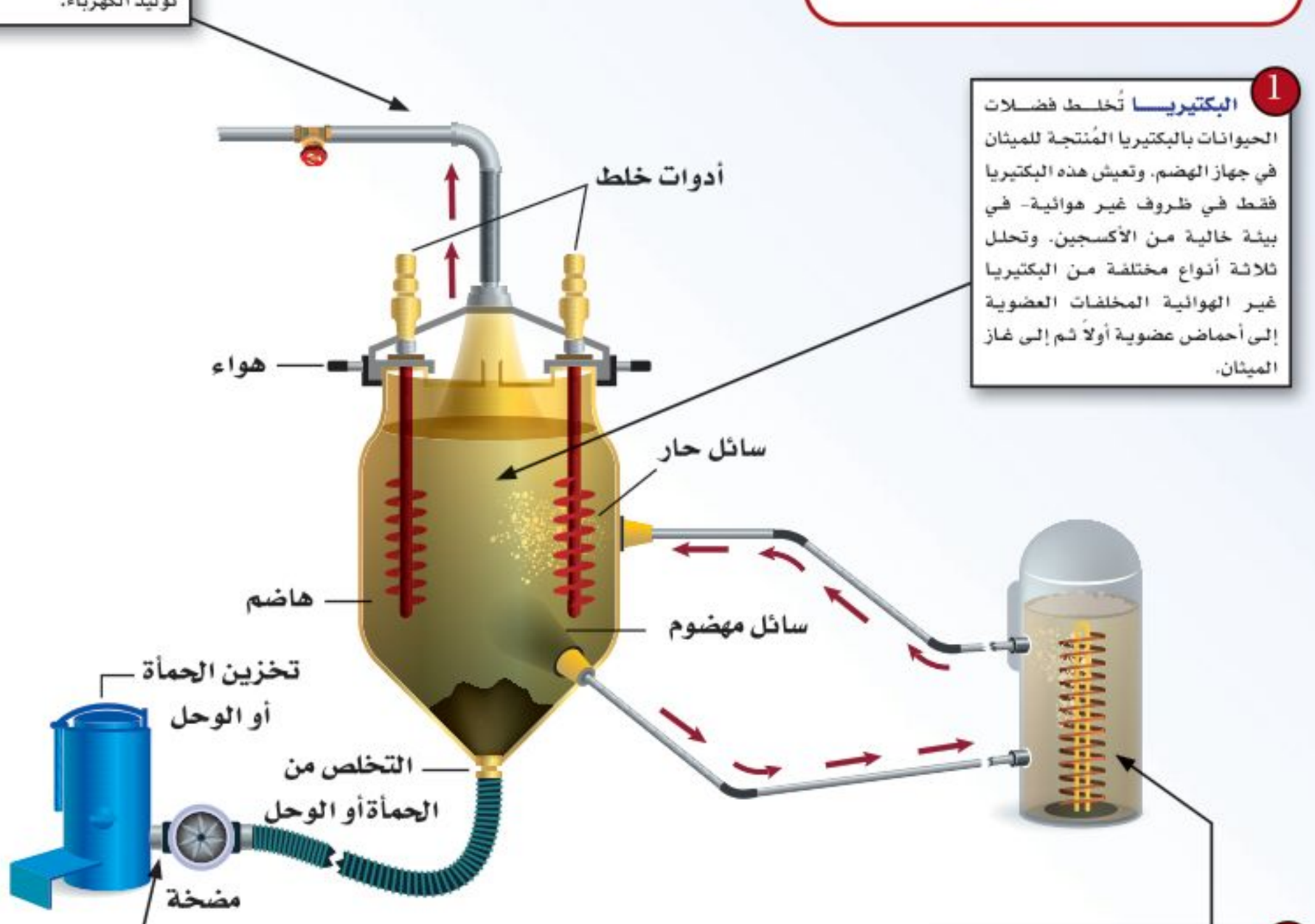
37. فسّر لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تعمل الأشياء؟

تحويل المخلفات إلى طاقة : كيف يعمل جهاز هضم الميثان؟

يأمل المتخصصون أن يساهم مربي الحيوانات الأليفة في تقديم المخلفات العضوية لحيواناتهم لمشروع تجريبي يحوّل المواد العضوية إلى طاقة مفيدة؛ إذ يحول جهاز هضم الميثان المخلفات العضوية إلى غاز بيولوجي (حيوي)- وهو خليط من الميثان وثاني أكسيد الكربون، وحرق الميثان يزوّد بالطاقة اللازمة.



الكتابة في الكيمياء

ابحث اعمل كتيبًا تبين فيه كيفية إنتاج الغاز من المخلفات العضوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

الغازات الهيدروكربونية لموقد بنزن

الخلفية النظرية دعت الحاجة إلى تغيير أحد صمامات الغاز في المختبر. فقال محضِّر المختبر إن الغاز المستعمل هو غاز البروبان، على حين قال المعلم إن الغاز هو الغاز الطبيعي أو غاز الميثان. استعمل الطرائق العلمية للفصل بينهما.

السؤال أي نوع من غازات الألكانات يستعمل في مختبر العلوم؟

المواد والأدوات اللازمة

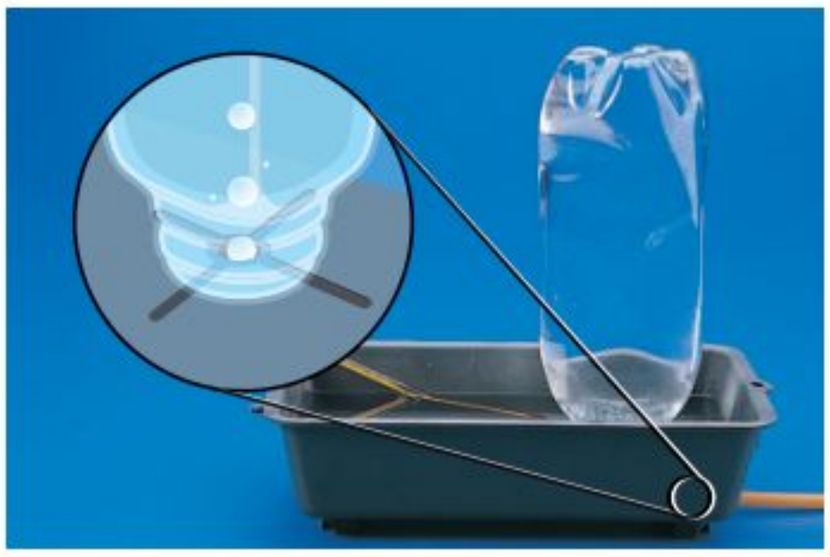
- بارومتر
- مقياس حرارة (ثيرمومتر)
- قارورة مشروبات غازية سعتها 1 L، وأخرى سعتها 2 L بغطاء.
- أنابيب مطاطية
- قارورة جمع الغازات تحت السوائل.
- مخبار مدرج سعة 100 mL
- ميزان (0.01g)
- محارم ورقية

إجراءات السلامة

تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال، احفظ السوائل والأبخرة بعيدا عن مصادر اللهب والشرر.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة كاملاً.
2. صل أنبوب جمع الغاز بمصدر الغاز في المختبر وقارورة جمع الغازات. ثم املأ القارورة بالماء وافتح صمام الغاز برفق، ودع الغاز يحل محل الماء في القارورة بعد اخراج الهواء من الأنبوب.
3. سجل كتلة قارورة المشروبات الغازية الجافة مع الغطاء، وسجل درجة الحرارة والضغط.
4. املأ القارورة بالماء وأغلقها بإحكام لمنع دخول الهواء.
5. ضع مقياس الحرارة (ثيرمومتر) في ماء وعاء جامع الغازات، وضع القارورة فوقه ثم انزع الغطاء مع إبقاء الفتحة تحت الماء، وضع فوهة القارورة فوق أنبوب الغاز مباشرة.
6. افتح صنبور الغاز ببطء ودعه يملأ القارورة، ثم أغلق الصمام وسجل درجة حرارة الماء.
7. اغلق القارورة بالغطاء وهي في وضع مقلوب، ثم أخرجها من الماء وجففها في الخارج.



8. سجل كتلة القارورة المملوءة بالغاز.
9. ضع القارورة داخل صندوق سحب الغازات وانزع الغطاء وأخرج الغاز جميعه بالضغط على جوانب القارورة. ثم املأ القارورة بالماء وسجل حجمه بوضعه في المخبار المدرج.
10. **النظافة والتخلص من النفايات** نظّف مكان العمل بحسب الارشادات.

حلل واستنتج

1. **جد** قيمة كثافة الهواء تحت 1 atm ودرجة حرارة 20 °C تساوي 1.205 g /L. واستعمل حجم القارورة لحساب كتلة الهواء في الزجاجة.
2. **احسب** كتلة القارورة الفارغة، وكتلة الغاز فيها، واستعمل حجم الغاز ودرجة حرارة الماء والضغط الجوي وقانون الغاز المثالي في حساب عدد مولات الغاز الذي تم جمعه. واستعمل أيضًا كتلة الغاز وعدد المولات في حساب الكتلة المولية للغاز.
3. **استنتج** كيف تقارن بين الكتلة المولية المحسوبة والكتلة المولية للميثان، الإيثان، والبروبان؟ استنتج نوع الغاز في القارورة.
4. **تحليل الخطأ.** اقترح مصادر للأخطاء في هذه التجربة.

الاستقصاء

صمّم تجربة لاختبار تأثير متغير واحد مثل درجة الحرارة أو الضغط الجوي في نتائج تجربتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تختلف الهيدروكربونات، وهي مركبات عضوية، باختلاف أنواع الروابط فيها.

1-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة الهيدروكربونات مركبات عضوية تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط وتعد مصدراً للطاقة والمواد الخام.

المفردات

- المركب العضوي
- الهيدروكربون المشبع
- الهيدروكربون غير المشبع
- التكسير الحراري
- التقطير التجزيئي
- الهيدروكربون

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي المركبات العضوية على الكربون؛ إذ يمكنه تكوين سلاسل مستقيمة وأخرى متفرعة.
- الهيدروكربونات مواد عضوية تتألف من الكربون والهيدروجين.
- المصدران الرئيسان للهيدروكربونات هما النفط والغاز الطبيعي.
- يمكن فصل النفط إلى مكوناته عن طريق عملية التقطير التجزيئي.

1-2 الألكانات

الفكرة الرئيسة الألكانات هيدروكربونات تحتوي فقط على روابط أحادية.

المفردات

- السلسلة المتماثلة
- السلسلة الرئيسة
- المجموعة البديلة
- الألكان
- الهيدروكربون الحلقي
- الألكان الحلقي

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي الألكانات على روابط أحادية فقط بين ذرات الكربون.
- تعد الصيغ البنائية أفضل تمثيل للألكانات والمركبات العضوية الأخرى. ويمكن تسمية هذه المركبات باستخدام قواعد نظامية حُدِّدت من الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (أيوباك IUPAC).
- تسمى الألكانات المحتوية على حلقات هيدروكربونية بالألكانات الحلقية.

1-3 الألكينات والألكاينات

الفكرة الرئيسة الألكينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية واحدة، وأما الألكاينات فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثلاثية واحدة على الأقل.

المفردات

- الألكاين
- الألكين

المفاهيم الرئيسة

- الألكينات والألكاينات هيدروكربونات تحتوي على الأقل على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة، على التوالي.
- تُعد الألكينات والألكاينات مركبات عضوية غير قطبية ذات نشاط كيميائي أعلى من الألكانات، ولها خصائص أخرى مشابهة لخصائص الألكانات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1-4 متشكلات الهيدروكربونات

الفكرة الرئيسة لبعض الهيدروكربونات الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في صيغها البنائية.

المفردات

- المتشكلات
- المتشكلات البنائية
- المتشكلات الفراغية
- المتشكلات الهندسية
- الكيرالية
- ذرة الكربون غير المتماثلة
- المتشكلات الضوئية
- الدوران الضوئي

المفاهيم الرئيسة

- المتشكلات مركبان أو أكثر لها الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في صيغها البنائية.
- تختلف المتشكلات البنائية في الترتيب الذي ترتبط به الذرات معًا.
- ترتبط الذرات جميعها في المتشكلات الفراغية بالترتيب نفسه، ولكنها تختلف في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

1-5 الهيدروكربونات الأروماتية

الفكرة الرئيسة تتصف الهيدروكربونات الأروماتية بدرجة عالية من الثبات بسبب بنائها الحلقي، حيث الأزواج الإلكترونية غير متمركزة.

المفردات

- المركب الأروماتي
- المركب الأليفاتي

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات بنزين بوصفها جزءًا من صيغها البنائية.
- تتوزع الإلكترونات في الهيدروكربونات الأروماتية على الحلقة كاملة بالتساوي.

1-1

إتقان المفاهيم

38. الكيمياء العضوية لماذا أدى اكتشاف فوهلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟

39. ما الخاصية الرئيسة للمركب العضوي؟

40. ما خاصية الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركبات العضوية؟

41. سمّ مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

42. فسر الخصائص الفيزيائية لمركبات النفط التي تستعمل لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

43. فسّر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

إتقان حل المسائل

44. التقطير رتب المركبات المدرجة في **الجدول 7-1** حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

الجدول 7-1 درجات غليان الألكانات

المركب	درجة الغليان (°C)
الهكسان	68.7
الميثان	−161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	−0.5
البروبان	−42.1

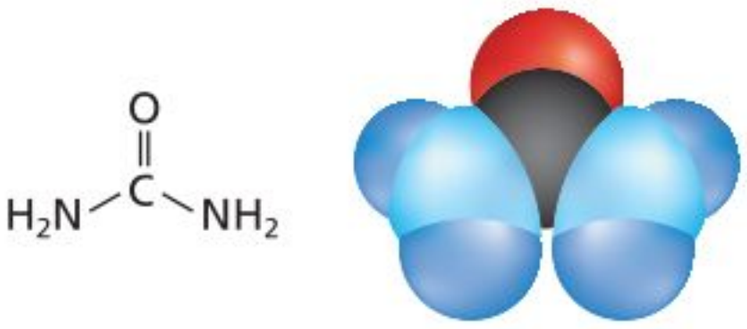
45. ما عدد الإلكترونات المشتركة بين ذرتي الكربون في كل من روابط الكربون الآتية؟

a. رابطة أحادية

b. رابطة ثنائية

c. رابطة ثلاثية

46. يبين **الشكل 29-1** نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضّره فريدريك فوهلر لأول مرة عام 1828م.



الشكل 29-1

a. حدّد نوع كل من النموذجين.

b. هل اليوريا مركب عضوي أم غير عضوي؟ فسر إجابتك.

47. تُمثَّل الجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، والنموذج الفراغي. ما مزايا ومساوئ كل نموذج؟

1-2

إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المُتماثلة للهيدروكربونات.

49. الوقود سمِّ ثلاثة ألكانات تُتخذ وقودًا، ثم اذكر استخدامًا آخر لكل منها.

50. اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

a. الإيثان

b. الهكسان

c. البروبان

d. الهبتان

51. اكتب الصيغ البنائية المكثفة لكل من الألكانات في السؤال السابق.

52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكل من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:

a. الميثان

b. البيوتان

c. الأوكتان

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

53. كيف يختلف بنـــاء الألكان الحلقي عن بنـــاء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

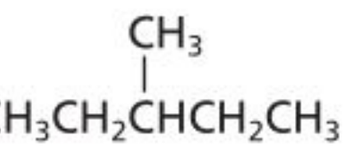
54. درجات التجمد والغليان اســـتخدم الماء والميثان لتفســـير كيـــف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئيـــة في درجة غليان ودرجة تجمد المادة.

إتقان حل المسائل

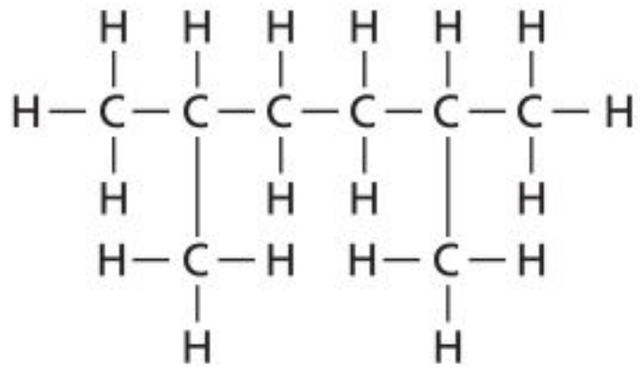
55. سمِّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:

a. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

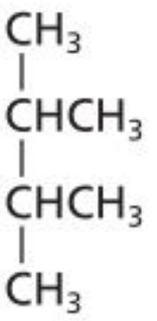
b.



c.



d.



56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركبات الآتية:

a. هبتان

b. 2- ميثيل هكسان

c. 3،2- ثنائي ميثيل بنتان

d. 2،2-ثنائي ميثيل بروبان

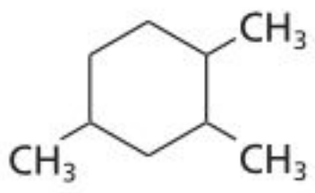
57. اكتب الصيغ البنائية المكثفة للمركبات الآتية:

a. 2،1- ثنائي ميثيل بروبان حلقي

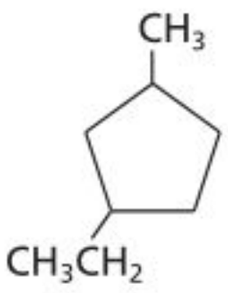
b. 1،1- ثنائي إيثيل-2-ميثيل حلقي بنتان.

58. سمّ المركبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:

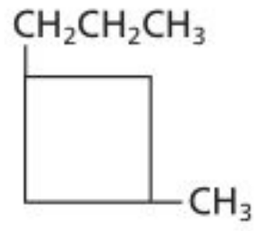
a.



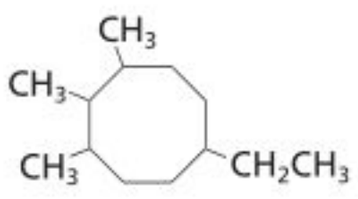
b.



c.



d.



1-3

إتقان المفاهيم

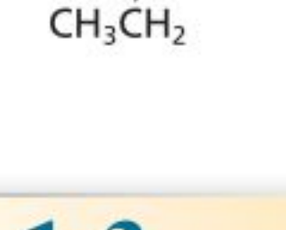
59. فسّر كيف تختلف الألكينات عن الألكانات، وكيف تختلف الألكاينات عن كلٍّ من الألكينات والألكانات؟

60. يُبنى اسم الهيدروكربون على أساس اسم السلسلة الرئيسة. فسِّر كيف تختلف طريقة تحديد السلسلة الرئيسة عند تسمية الألكينات عنها عند تسمية الألكانات؟

إتقان المسائل

61. سمّ المركبات المُمَثَّلة بالصيغ البنائية المكثفة الآتية:

a.



b.

c.

d.

62. اكتب صيغًا بنائية مكثفة للمركبات الآتية:

a. 4،1- ثنائي إيثيل هكسين حلقي

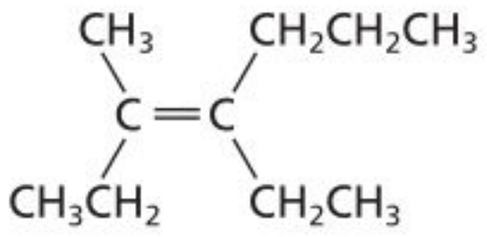
b. 4،2- ثنائي ميثيل-1-أوكتين

c. 2،2-ثنائي ميثيل-3-هكسين

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

63. سمِّ المركب المُمَثل بالصيغة البنائية الآتية:



1-4

إتقان المفاهيم

64. فيمَ تتشابه المتشكلات؟ وفيم تختلف؟

65. صف الاختلاف بين متشـكلات سيس وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

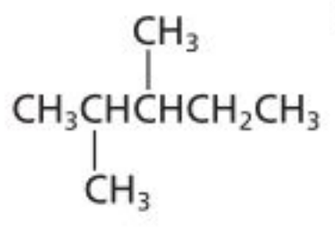
67. الضـوء كيف يختلف الضوء المستقطب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟

68. كيف تؤثر المتشكلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

إتقان حل المسائل

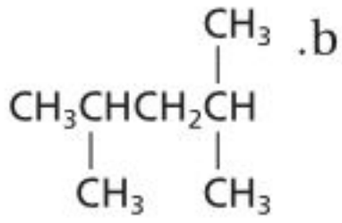
69. عيّن زوج المتشـكلات البنائية في مجموعـة الصيغ البنائية المكثفة الآتية:

.a

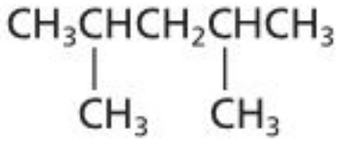


.c

.b



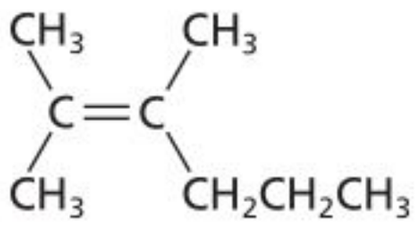
.d



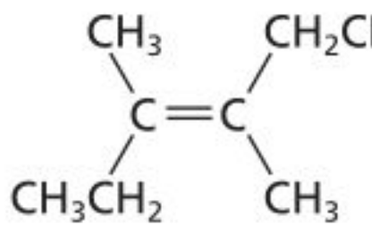
70. اكتب صيغًا بنائية مكثفة لأربعة متشكلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8.

71. عيّن زوج المتشـكلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مبينًا سبب اختيارك، ثم فسّر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الآخرين:

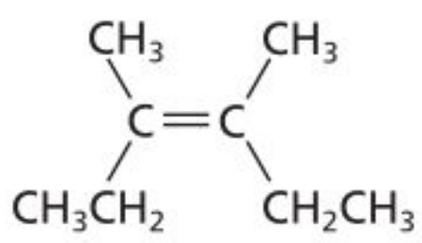
.a



.b



.c



72. اكتب متشكلين سيس وترانس للجزيء المُمَثل بالصيغة المكثفة الآتية، وميّز بينهما:

$$CH_3CH = CHCH_2CH_3$$

1-5

إتقان المفاهيم

73. ما الخاصيـة البنائيـة التي تشترك فيها الهيـدروكـربونات الأروماتية جميعها؟

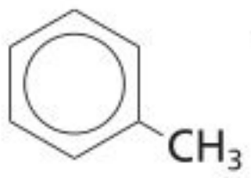
74. ما المقصود بالمواد المُسَرطِنة؟

إتقان حل المسائل

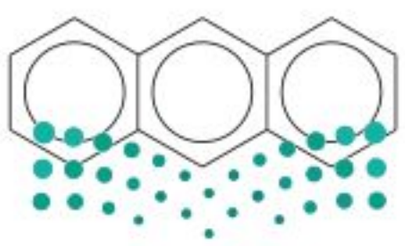
75. اكتب الصيغة البنائية لـِ 2،1- ثنائي ميثيل بنزين.

76. سمِّ المركبات المُمَثلة بالصيغ البنائية الآتية:

.a



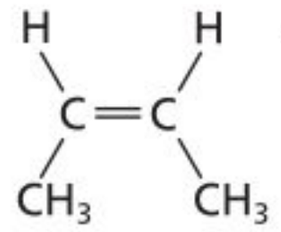
.b

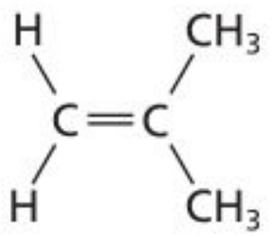


1 تقويم الفصل

مراجعة عامة

77. هل تمثّل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسّر إجابتك.

a.


b.


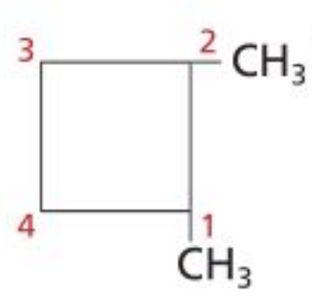
78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

79. إذا كانت الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}، فحدد الصيغة العامة للألكانات الحلقية.

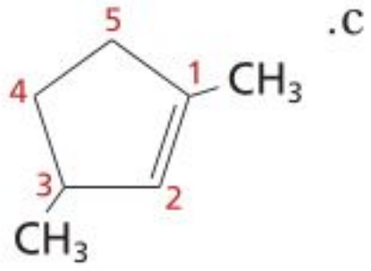
80. الصناعة لماذا تُعدّ الهيدروكربونات غير المشبعة بوصفها مواد أولية أكثرَ فائدة في الصناعة الكيميائية من الهيدروكربونات المشبعة؟

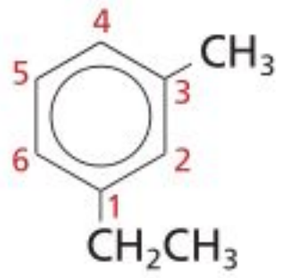
81. هل يُعد البنتان الحلقي متشكلًا للبنتان؟ فسِّر إجابتك.

82. حدّد ما إذا كان كل من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعد كتابتها بالترقيم الصحيح:

a.


b. $CH_3CH_2C \equiv CCH_3$

c.


d.


83. لماذا يستخدم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركبات العضوية بدلاً من الصيغ الجزيئية مثل C_5H_{12}؟

84. أيهما تتوقع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكلات البنائية أم زوج من المتشكلات الفراغية؟ فسِّر استنتاجك.

85. فسِّر لماذا نحتاج إلى الأرقام في أسماء أيوباك للعديد من الألكينات والألكاينات المستقيمة، في حين أننا لسنا بحاجة إلى كتابتها في أسماء الألكانات المستقيمة.

86. يُسمّى المركّب المحتوي على رابطتين ثنائيتين بالدايين، والصيغة البنائية المكثفة أدناه تمثل المركب 4،1–بنتاداين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركب 3،1– بنتاداين.

$$H_2C = CH - CH_2 - CH = CH_2$$

التفكير الناقد

87. حدِّد اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

a. 2–إيثيل–2– بيوتين
b. 4،1– ثنائي ميثيل هكسين حلقي
c. 5،1– ثنائي ميثيل بنزين

88. استنتج يطلق الديكستروز dextrose؛ في بعض الأحيان على سكر الجلوكوز؛ لأن محلول الجلوكوز عُرف بأنه dextrorotatory. حلّل هذه الكلمة، وحدد ما تعنيه.

89. تفسير التصورات العلمية ارسم بناء كيكولي للبنزين، وفسّر لماذا لا يمثّل الصيغة البنائية الفعلية؟

90. السبب والنتيجة فسِّر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

91. فسّر اكتب عبارة تفسر العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجة غليان الألكانات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

مسألة تحفيز

92. ذرات الكربون الكيرالية يحتوي الكثير من المركبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكل ذرة كربون كيرالية في المركب زوج من المتشكلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكلات المحتمَلة للمركب مساوٍ لـ 2n، حيث تشير n إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتب الصيغ البنائية للمركبات أدناه، وحدّد عدد المتشكلات الفراغية الممكنة لكل منها.

a. 5،3–ثنائي ميثيل نونان

b. 7،3–ثنائي ميثيل–5–إيثيل ديكان.

مراجعة تراكمية

93. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني $[Ar]3d^6 4s^2$ الأقلّ طاقة؟

94. ما شحنة الأيون المتكوّن من المجموعات الآتية؟

a. الفلزات القلوية.

b. الفلزات القلوية الأرضية.

c. الهالوجينات.

95. اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات الاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثاين المنتجة للماء وثاني أكسيد الكربون.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

96. الجازولين كان المركب "رباعي إيثيل الرصاص" لسنوات كثيرة، مكونًا أساسيًّا في الجازولين لمنع الفرقعة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يتخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

97. العطور يتكون المِسك المستعمل في العطور من الكثير من المركبات التي تشمل ألكانات حلقية كبيرة. ابحث عن مصادر مركبات المِسك الطبيعي والصناعي في هذه المنتجات، واكتب تقريرًا موجزًا حولها.

أسئلة المستندات

الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات

(PAH) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons وهي مركبات طبيعية، ولكن قد يزيد النشاط الإنساني من تركيزها في البيئة. ولدراسة مركبات PAH جُمعت عينات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوى مشعة لمعرفة متى ترسّب كل مكوّن رئيس فيها.

الشكل 30-1 يبين تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعددة الحلقات (PAH) التي عُثِر عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك.

البيانات مأخوذة من:

2005. Environmental science technology 39 (18): 7012–7019

الشكل 30-1

98. قارن بين معدلات تراكيز PAH قبل 1905م وبعد 1925م.

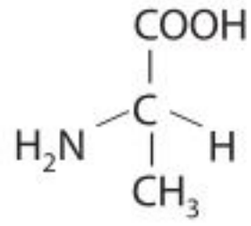
99. تنتج بعض النباتات والحيوانات مركبات PAH بكميات قليلة، ولكن معظمها يأتي من النشاطات البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استنتج السبب وراء الانخفاض النسبي في مستويات PAH في العقد الأخير من القرن التاسع عشر وبدايات العقد الأول من القرن العشرين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

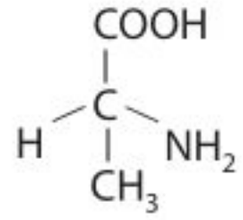
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



L-الانيلين



D-الانيلين

توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريبًا على هيئة (L). فأي المصطلحات الآتية يصف بدقة L-أنيلين و D-أنيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

a. متشكلات بنائية
b. متشكلات هندسية
c. متشكلات ضوئية
d. متشكلات فراغية

2. أيّ مما يأتي لا يؤثر في سرعة التفاعل؟

a. العوامل المساعدة
b. مساحة سطح المتفاعلات
c. تركيز المتفاعلات
d. نشاط النواتج الكيميائي

3. ما مولالية محلول يحتوي على 0.25 g من ثنائي الكلوروبنزين $C_6H_4Cl_2$ المذاب في 10.0 g من الهكسان الحلقي (C_6H_{12})؟

a. 0.17 mol /kg
b. 0.00017 mol /kg
c. 0.025 mol /kg
d. 0.014 mol /kg

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 4 إلى 6.

بيانات عن هيدروكربونات متعددة

الاسم	عدد ذرات C	عدد ذرات H	درجة الانصهار (C°)	درجة الغليان (C°)
هبتان	7	16	-90.6	98.5
1- هبتين	7	14	-119.7	93.6
1- هبتاين	7	12	-81	99.7
أوكتان	8	18	-56.8	125.6
1- أوكتين	8	16	-101.7	121.2
1- أوكتاين	8	14	-79.3	126.3

4. ما نوع الهيدروكربون الذي يتحول إلى غاز عند أقل درجة حرارة بناءً على المعلومات في الجدول السابق؟

a. ألكان
b. ألكين
c. ألكاين
d. أروماتي

5. إذا رَمَزَ n إلى عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاين المحتوي على رابطة ثلاثية واحدة؟

a. C_nH_{n+2}
b. C_nH_{2n+2}
c. C_nH_{2n}
d. C_nH_{2n-2}

6. نتوقع اعتمادًا على الجدول السابق أن تكون درجة انصهار النونان:

a. أعلى ممّا للأوكتان.
b. أقل ممّا للهبتان.
c. أعلى ممّا للديكان.
d. أقل ممّا للهكسان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

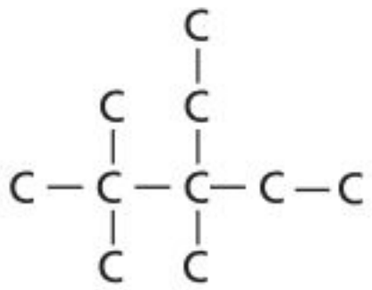
7. عند ضغـــط 1.00 atm ودرجة حرارة 20 °C، يذوب 1.72 g CO_2 في 1L ماء. فما كمية CO_2 الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى 1.35 atm مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

a. 2.32 g /L
b. 1.27 g /L
c. 0.785 g /L
d. 0.431 g /L

8. أي العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

a. ترتفع درجة حرارة النظام.
b. يمتص النظام الطاقة.
c. يتســاوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.
d. يدخل السائل في طور الغاز.

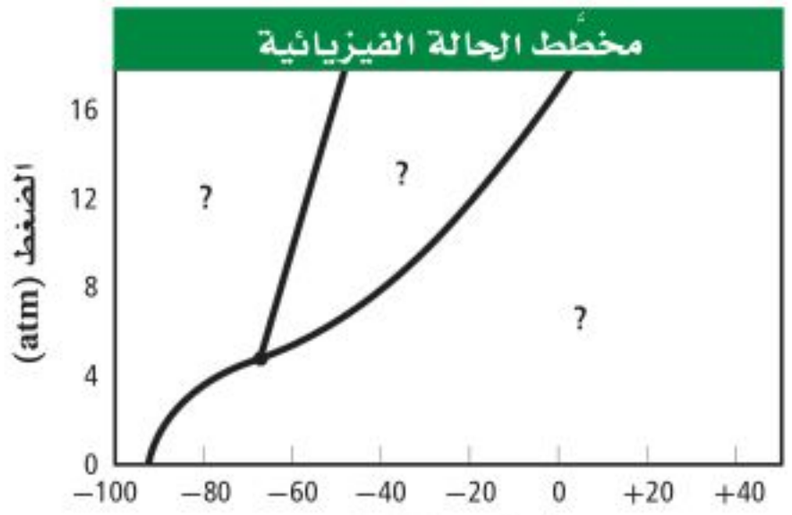
9. ما اسم المركب ذي الصيغة الهيكلية المبينة أعلاه؟



a. 2، 2، 3 – ثلاثي ميثيل – 3 – إيثيل بنتان
b. 3 – إيثيل – 3، 4، 4–ثلاثي ميثيل بنتان
c. 2 – بيوتيل – 2 – إيثيل بيوتان.
d. 3 – إيثيل – 2، 2، 3 – ثلاثي ميثيل بنتان.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الرســم البياني المبين أدناه للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. ما حالة المادة الواقعة عند درجة حرارة 80 °C – وضغط 10 atm؟

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة عند نقطتها الثلاثية؟

12. صف التغــيرات التي تحدث في الترتيــب الجزيئي عند زيــادة الضغط من 8 atm إلى 16 atm، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند (0 °C).

أسئلة الإجابات المفتوحة

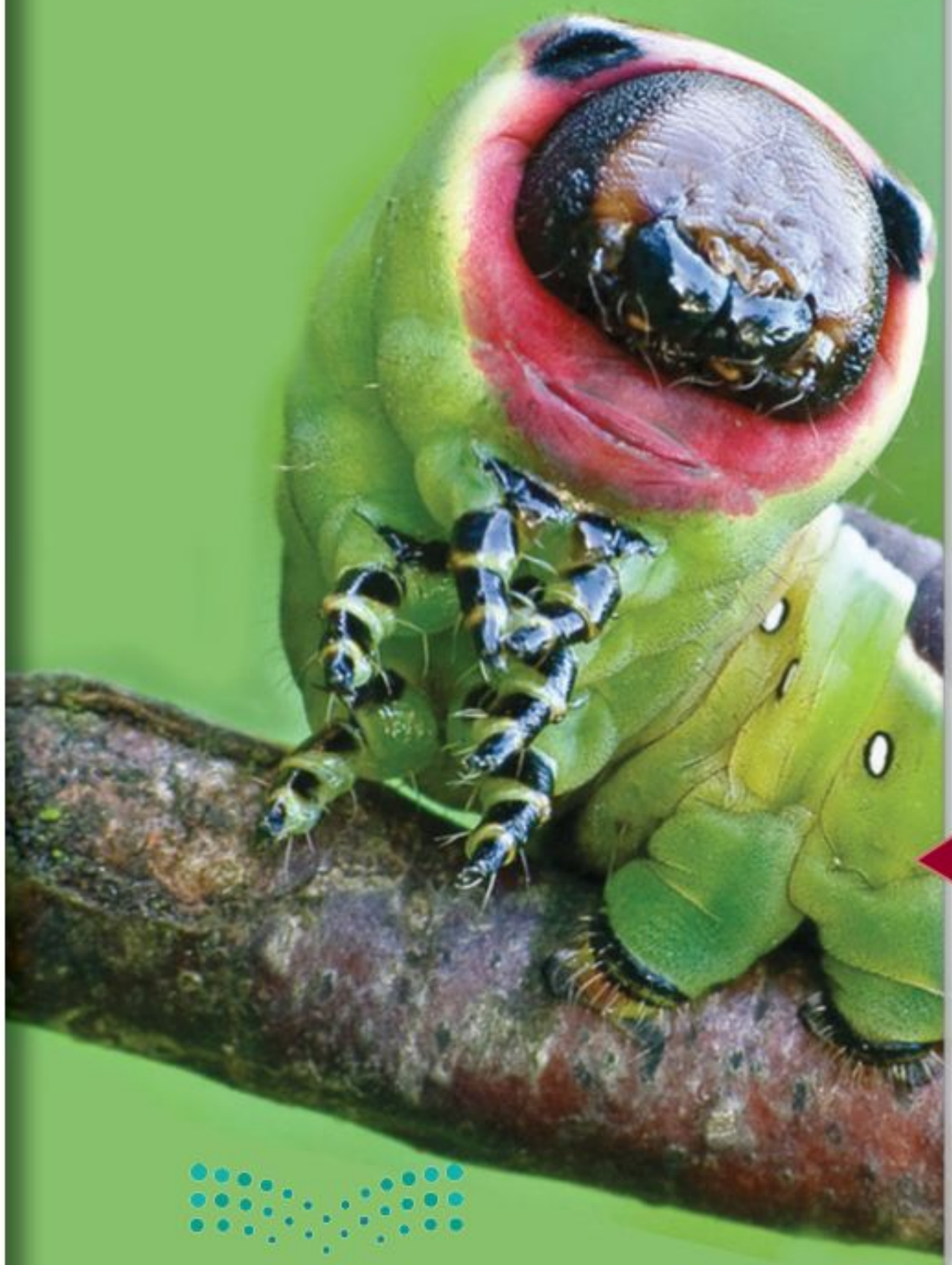
13. إذا احترق 5.00 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20.0°C وضغط مقداره 80.1Kpa مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلك؟ افترض أن كلًّا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

مشتقات المركبات الهيدروكربونية وتفاعلاتها
Substituted Hydrocarbons and Their Reactions

حمض الفورميك



الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

2-2 الكحولات، والإيثرات، والأمينات

الفكرة الرئيسة الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.

2-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

2-5 البوليمرات

الفكرة الرئيسة البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

حقائق كيميائية

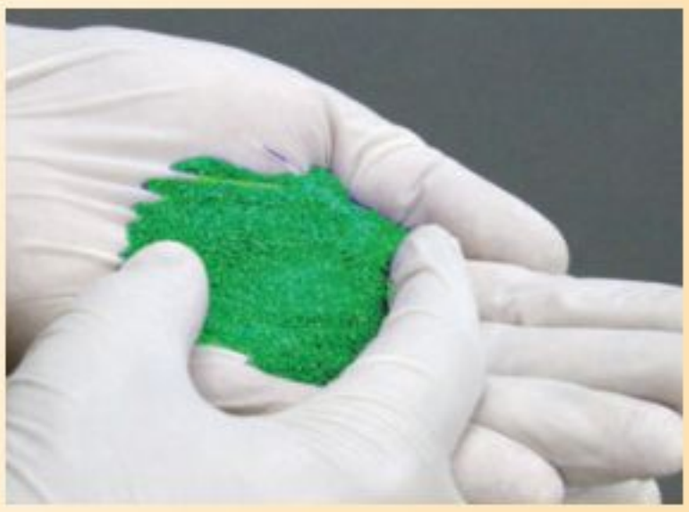
- تفرز يرقة فراشة العث Larva نافورة من حمض الفورميك عندما تتعرض لتهديد.
- تحتوي قرون استشعار الفراشة البالغة على مستقبلات كيميائية للكشف عن المركبات العضوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تعد عجينة لزجة؟

تحتـوي معظـم المركبات العضويـة على عنـاصر أخرى غير الهيدروجين والكربون، تكسـبها خواص مميـزة. كيف تتغير خواص هـذه المركبات عندما تقـوم المجموعـات الوظيفية بتكوين روابط بين السلاسل؟



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اسـتعمل **مخبارًا مدرجًا** لقياس 20 mL من محلول **كحول البولي فينيل بتركيز 4%**، ثم ضع المحلول في كأس بلاستيكية، ولاحظ لزوجة المحلول في أثناء تحريكه بساق التحريك.
3. أضف في أثنـاء التحريك 6 mL من **محلـول رابع بورات الصوديـوم بتركيز 4%**، إلى محلول كحـول البولي فينيل، واستمر في التحريك حتى يبدو المحلول متجانسًا تمامًا.
4. البس القفازين، واسـكب المادة الناتجة خارج الكأس، ثم اعجن البوليمر، واسحبه بالطول.

تحليل النتائج

5. **قارن** الخواص الفيزيائية للمادة المتفاعلة والمواد الناتجة.
6. **اشرح** كيف أثرت قوى التجاذب بين السلاسل الجزيئية في لزوجة المحلول.

استقصاء ما النسبة بين محلولي رابع بورات الصوديوم وكحول البولي فينيل؟ ما الذي تحصل عليه لو تغيرت هذه النسبة؟

المطويات منظمات الأفكار

المجموعات الوظيفية:
اعمل المطوية الآتية لتنظيم المعلومات حول المجموعات الوظيفية للمركبات العضوية.

الخطوة 1 ضع سبع أوراق على شكل طبقات، كما في الصورة المجاورة.

الخطوة 2 قص الأوراق السبعة أفقيًّا بطول 3 سم، وذلك عند السطر السادس من الجهة العلوية للأوراق.

الخطوة 3 اعمل قَطعًا عموديًّا من أسفل حتى يلتقي مع القطع الأفقي.

الخطوة 4 ضع ورقة صحيحة أسفل الأوراق المقطوعة الأخرى، ثم اضبط قمم وجوانب كافة الأوراق، ودبس المطوية أو ضعها في دفتر الملاحظات، ثم ضع عليها علامات التبويب كما هو مبين في الشكل.

المطويات **استعمل هـذه المطويـة مع الأقسـام 1–2، و2–2، و3–2، و4–2**، وفي أثنـاء قراءتك لهذه الأقسـام لخّص ما تعلمته عـن تصنيف المركبات العضوية وتركيبها، واذكر أمثلة على كل منها.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–1

الأهداف

- **تتعرف** المجموعة الوظيفية، وتعطي أمثلة عليها.
- **تقارن** بين تراكيب هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.
- **تقوّم** درجة غليان الهاليدات العضوية.

مراجعة المفردات

المركب الأليفاتي: مركب هيدروكربوني غير عطري، مثل الألكان، والألكين، والألكاين.

المفردات الجديدة

المجموعة الوظيفية

هاليدات الألكيل

هاليدات الأريل

البلاستيك

تفاعلات الاستبدال

الهلجنة

هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل
Alkyl Halides and Aryl Halides

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.**

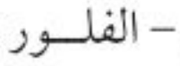
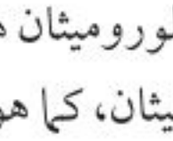
الربط مع الحياة إذا كنت تلعب ضمن فريق، فأي اللاعبين يمكن تغييرهم في أثناء اللعب؟ يمكن على سبيل المثال تغيير اللاعب الذي يشعر بالإرهاق. نلاحظ أن خواص الفريق قد تغيرت بعد عملية الاستبدال.

المجموعات الوظيفية Functional Groups

من المعروف أن ذرات الكربون في الهيدروكربونات ترتبط فقط مع ذرة كربون أخرى أو ذرات هيدروجين. ولكن يمكن لذرة الكربون أيضًا أن تكوّن رابطة تساهمية قوية مع عناصر أخرى، ومن أكثرها شيوعًا الأكسجين والنيتروجين والفلور والكلور والبروم واليود والكبريت والفوسفور.

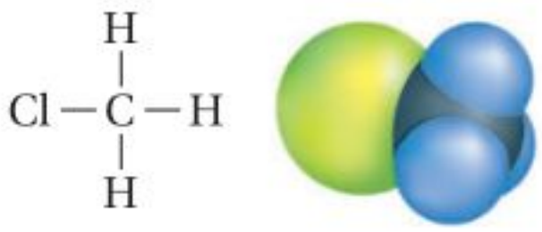
وتوجد ذرات هذه العناصر في المواد العضوية بوصفها جزءًا من المجموعات الوظيفية. **والمجموعة الوظيفية** في المركبات العضوية هي ذرة أو مجموعة من الذرات تكسبه خواص مميزة، وتتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافة المجموعات الوظيفية للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائمًا مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية. والمواد الظاهرة في **الشكل 1–2** – صناعية كانت أم طبيعية – جميعها تحتوي على مجموعات وظيفية تكسبها خواص فريدة تميزها، ومنها الرائحة مثلاً. ويبين **الجدول 1–2** المركبات العضوية التي تحتوي على أكثر من مجموعة وظيفية. ويمثل الرمزان R و R' سلسلة أو حلقة من الكربون مرتبطة مع المجموعة الوظيفية. تذكر أن كلًّا من الرابطتين الثنائية والثلاثية بين ذرات الكربون تعد مجموعات وظيفية، على الرغم من وجود ذرات كربون وهيدروجين فقط. ومن خلال معرفة خواص المجموعة الوظيفية يمكنك توقع خواص المركبات العضوية التي تحتوي عليها، حتى لو لم تكن تعلمتها سابقًا.

الشكل 1–2 جميع هذه المواد تحتوي على نوع واحد – على الأقل – من المجموعات الوظيفية التي ستدرسها في هذا الفصل. فعلى سبيل المثال يكون للفواكه والأزهار رائحة تميزها، ويعزى هذا إلى وجود جزيئات الإستر في هذه المواد.

الجدول 1-2	المركبات العضوية ومجموعاتها الوظيفية	
نوع المركب	الصيغة العامة	المجموعة الوظيفية
هاليدات الألكيل	R—X (X = F, Cl, Br, I)	الهالوجين
هاليدات الأريل	(X=F, Cl, Br,I)	الهالوجين
الكحولات	R—OH	الهيدروكسيل
الإيثرات	R—O—R′	الإيثر
الأمينات	$R—NH_2$	الأمين
الألدهيدات		الكربونيل
الكيتونات		الكربونيل
الأحماض الكربوكسيلية		الكربوكسيل
الإسترات		الإستر
الأميدات		الأميد

مركبات عضوية تحتوي على الهالوجينات
Organic Compounds Containing Halogens

الهالوجينات هي أبسط المجموعات التي يمكن أن تفكر فيها على أنها مجموعات وظيفية مرتبطة مع الهيدروكربونات؛ فإذا حلت ذرة هالوجين محل أي ذرة هيدروجين من الألكان نتج هاليد الألكيل. و**هاليدات الألكيل** مركبات عضوية تحتوي على ذرة هالوجين أو أكثر مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية. وتوجد الهالوجينات الأربع الأولى – الفلور والكلور والبروم واليود – في العديد من المركبات العضوية. وعلى سبيل المثال، فإن الكلوروميثان هو هاليد ألكيل يتكون عندما تحل ذرة كلور محل ذرة من ذرات الهيدروجين الأربع في الميثان، كما هو موضح في **الشكل 2-2**.



كلوروميثان

الشكل 2-2 الكلوروميثان هو هاليد ألكيل، ويُستعمل في صناعة المواد اللاصقة المعروفة تجاريًّا بالسليكون؛ لتثبيت الأبواب والنوافذ.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

هاليدات الأريل مركبات عضوية تتكون من هالوجين مرتبط مع حلقة البنزين أو مجموعة أروماتية أخرى. وتكتب الصيغة البنائية لهاليدات الأريل برسم المركب الأروماتي أولاً، ثم استبدال ذرات الهيدروجين بذرات الهالوجين بشكل محدد، كما في **الشكل 3a-2**.

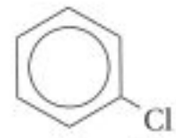
الربط مع علوم الأرض تستعمل هاليدات الألكيل على نطاق واسع في المبردات وأنظمة التكييف على شكل كلوروفلوروكربونات CFCs. وقد بقيت كذلك حتى أواخر الثمانينيات. ومعلوم أن CFCs يؤثر في طبقة الأوزون. وقد استبدلت الفلوروكلوروكربون (CFCs) بالهيدروفلوروكربون (HFCs)؛ حيث تحتوي فقط على ذرات الهيدروجين والفلور المرتبطة مع الكربون. ومن أكثر مركبات HFCs شيوعًا 1،1،2،2 – ثلاثي فلوروإيثان.

تسمية هاليدات الألكيل تسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات وظيفية وفق طريقة IUPAC اعتمادًا على السلسلة الرئيسة للألكان. أما هاليدات الألكيل فيدل المقطع الأول على اسم الهالوجين مع إضافة حرف (و) في نهاية الاسم. لذا يكون المقطع الأول للفلور هو فلورو، والكلور هو كلورو، والبروم هو برومو، واليود هو أيودو، كما هو مبين في **الشكل 3b-2**.

في حالة وجود أكثر من ذرة هالوجين في الجزيء نفسه ترتب أسماء الذرات أبجديًا بحسب ترتيب الأحرف الإنجليزية. ويجب ترقيم السلسلة بحيث يعطى أقل رقم لموقع الذرة المرتبطة بذرة الهالوجين بحسب الترتيب الأبجدي. لاحظ كيفية تسمية هاليدات الألكيل في **الشكل 3c-2**. وبالطريقة نفسها ترقم حلقة البنزين في هاليدات الأريل لإعطاء أقل رقم لكل موقع بحسب الترتيب الأبجدي؛ بحيث يكون أقل رقم للذرة التي تأتي أولًا، كما في **الشكل 3d-2**.

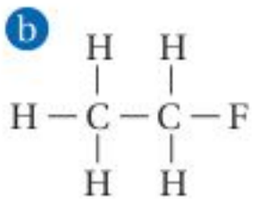
ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يتم وضع أقل قيمة رقمية عند تسمية هاليد الأريل بدلاً من استعمال الترقيم العشوائي؟

a

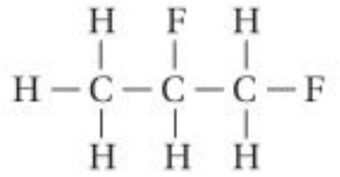


كلورو بنزين

b

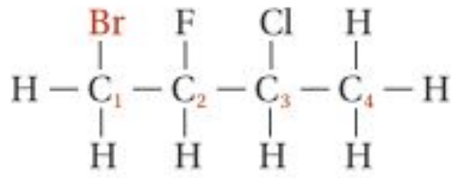


فلورو إيثان



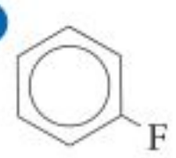
2،1-ثنائي فلورو بروبان

c

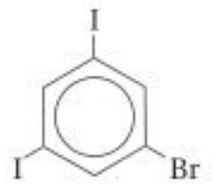


1-بروموـ3-كلورو-2-فلورو بيوتان

d



فلورو بنزين



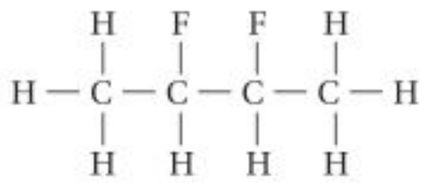
1-بروموـ3،5-ثنائي أيودو بنزين

الشكل 3-2 تحتوي الجزيئات العضوية على مجموعات وظيفية، تسمى اعتمادًا على تركيب سلسلة الألكان، ووفق النظام الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

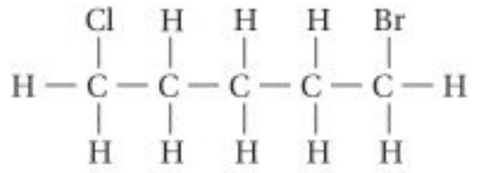
مسائل تدريبية

سمِّ هاليدات الألكيل أو الأريل التي لها الصيغ البنائية الآتية:

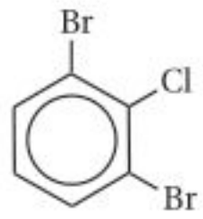
1.



2.



3.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2-2 مقارنة بين هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها

الاسم الكيميائي	الصيغة الكيميائية	درجة الغليان (°C)	الكثافة (g/ml) في الحالة السائلة
ميثان	CH_4	−162	0.423 عند 162 °C
كلورو ميثان	CH_3Cl	−24	0.911 عند 25 °C
بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	36	0.626
1-فلورو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2F$	62.8	0.791
1-كلورو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Cl$	108	0.882
1-برومو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2Br$	130	1.218
1-أيودو بنتان	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2I$	155	1.516

زيادة (درجة الغليان)

زيادة (الكثافة)

خواص واستعمالات هاليدات الألكيل يبين **الجدول 2-2** قائمة ببعض الخواص الفيزيائية لعدد من هاليدات الألكيل والألكانات المقابلة لها.

لاحظ أن درجة غليان وكثافة كل كلوريد ألكيل أعلى من درجة غليان وكثافة الألكان الذي يحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها. لاحظ أيضًا أن درجة الغليان والكثافة تزداد عند الانتقال عبر الهالوجينات من الفلور إلى اليود . ويعود السبب في ذلك إلى أنه عند الانتقال من الفلور إلى اليود يزداد عدد الإلكترونات الخارجية البعيدة عن النواة. وتميل هذه الإلكترونات إلى تغيير مكانها بسهولة، ونتيجة لذلك يزداد ميل هاليدات الألكيل لتكوين مركبات ثنائية القطب مؤقتة. ولأن الأقطاب تتجاذب معًا تزداد الطاقة اللازمة لفصل الجزيئات بعضها عن بعض، وبذلك تزداد درجة غليان هاليدات الألكيل بازدياد حجم ذرة الهالوجين.

ماذا قرأت؟ اشرح العلاقة بين عدد الإلكترونات في الهالوجين ودرجة الغليان.

على الرغم من أن هرمونات الغدة الدرقية في الإنسان تحتوي على يوديد عضوي إلا أنه من النادر أن يتم العثور على الهاليدات العضوية في الطبيعة. إن ذرات الهالوجين التي ترتبط بذرات الكربون أكثر نشاطًا من ذرات الهيدروجين المستبدلة. ولهذا السبب، كثيرًا ما تستعمل هاليدات الألكيل موادَّ أولية في الصناعات الكيميائية بوصفها مذيبات ومواد تنظيف؛ لأنها تذيب الجزيئات غير القطبية بسهولة، ومنها الدهون والزيوت. ويظهر **الشكل 4-2** تطبيقات رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE)؛ إذ يتم تصنيع هذا النوع من **البلاستيك** من غاز رابع فلورو إيثين. ويمكن تسخين البلاستيك وتشكيله عندما يكون لينًا. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو كلوريد البولي فينيل (PVC) الذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

ماذا قرأت؟ اشرح لماذا تستعمل هاليدات الألكيل في الصناعات الكيميائية بوصفها مواد أولية بدلاً من الألكانات؟

الشكل 4-2 رباعي فلورو بولي إيثين (PTFE) مكون من مئات الوحدات. ويوفر سطحًا غير لاصق لكثير من أدوات المطبخ، ومن ذلك أدوات الخبز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 3-2 تفاعلات الاستبدال

تفاعلات الاستبدال العامة لتكوين هاليدات الألكيل	مثال على تفاعلات الاستبدال (الهلجنة)
$R{-}CH_3 + X_2 \rightarrow R{-}CH_2X + HX$ حيث X فلور، أو كلور، أو بروم	$C_2H_6 + Cl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + HCl$ كلورو إيثان إيثان
تفاعلات تكوين الكحولات $R{-}X + OH^- \rightarrow R{-}OH + X^-$ كحول هاليد الألكيل	مثال على تفاعلات تكوين الكحولات $CH_3CH_2Cl + OH^- \rightarrow CH_3CH_2OH + Cl^-$ إيثانول كلوروإيثان
تفاعلات تكوين الأمينات $R{-}X + NH_3 \rightarrow R{-}NH_2 + HX$ أمين هاليد الألكيل	مثال على تفاعلات تكوين الأمينات $CH_3(CH_2)_6CH_2Br + NH_3 \rightarrow CH_3(CH_2)_6CH_2NH_2 + HBr$ أوكتيل أمين 1–بروموأوكتان

تفاعلات الاستبدال Substitution Reactions

من أين يأتي التنوع الهائل للمركبات العضوية؟ يعد البترول المصدر الأول لجميع المركبات العضوية الصناعية. ويُظهر **الشكل 5–2** عمال حقول النفط وهم ينقبون عن النفط، وهو أحد أشكال الوقود الأحفوري الذي يتألف مجمله من مواد هيدروكربونية تقريبًا، وبخاصة الألكانات. كيف يمكن تحويل الألكانات إلى مركبات مختلفة مثل هاليدات الألكيل والكحولات والأمينات؟

من طرائق إدخال المجموعات الوظيفية تفاعلات الاستبدال، كما هو مبين في **الجدول 3–2**. وفي **تفاعلات الاستبدال** تحل ذرة أو مجموعة ذرية محل ذرة أو مجموعة ذرية أخرى في المركب. وفي حالة الألكانات، يمكن أن تحل ذرة هالوجين – مثل الكلور أو البروم – محل ذرة هيدروجين في عملية تسمى **الهلجنة**. ويوضح **الجدول 3–2** أحد الأمثلة على عملية الهلجنة؛ إذ يتم استبدال ذرة هيدروجين بذرة كلور في مركب الإيثان. ويبين **الشكل 6–2** نوعًا آخر من الهيدروكربونات المهلجنة يسمى الهالوثان (2– بروموـ 2 – كلوروـ 1،1،1 – ثلاثي فلورو إيثان)، والذي استعمل أول مرة في التخدير في خمسينيات القرن العشرين.

ويبين **الجدول 3–2** المعادلات العامة لتفاعلات الاستبدال. ويمكن أن تكون X في هذا التفاعل الفلور أو الكلور أو البروم، ولكن ليس اليود؛ لأن اليود لا يتفاعل جيدًا مع الألكانات.

ماذا قرأت؟ **ارسم** الصيغة البنائية للهالوثان.

الشكل 5–2 عمال حقول النفط ينقبون عن البترول. ويمكن استخراج ما يزيد على 100 ألف برميل يوميًا من بئر النفط الواحد.

اشرح العلاقة بين النفط والمركبات العضوية الصناعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 6–2 استعمل الهالوثان في الطب في خمسينيات القرن الماضي مخدرًا عامًّا للمرضى عند إجراء العمليات الجراحية.

تفاعلات استبدال أخرى عندما تتم هلجنة الألكانات يصبح هاليد الألكيل الناتج قابلاً للدخول في تفاعل استبدال آخر؛ حيث تحل ذرة أو مجموعة من الذرات محل ذرة الهالوجين. على سبيل المثال، تفاعل هاليد الألكيل مع المحاليل القاعدية، حيث تحل مجموعة OH^- محل ذرة الهالوجين لينتج الكحول. ويبين **الجدول 3–2** المعادلة العامة لتفاعل هاليد ألكيل مع محلول قاعدي بالإضافة إلى مثال على هذا التفاعل.

كما يؤدي تفاعل هاليد الألكيل مع الأمونيا NH_3 إلى أن تحل مجموعة الأمين NH_2– محل ذرة الهالوجين لينتج الألكيل أمين، كما هو مبين في **الجدول 3–2**.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 2-1

الخلاصة

- يؤدي حلول مجموعات وظيفية محل ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات إلى تكوين مجموعة كبيرة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة مع ذرة كربون في مركب أليفاتي.

4. الفكرة الرئيسة **قارن** فيم تختلف هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل؟

5. **ارسم** الصيغ البنائية لكل مما يأتي:

a. 2– كلورو بيوتان

b. 1،1،1– ثلاثي كلورو إيثان

c. 3،1 – ثنائي فلورو هكسان

d. 4 – برومو– 1– كلورو بنزين

6. **عرّف** المجموعة الوظيفية، وسم المجموعة الوظيفية في كل من الصيغ البنائية الآتية، ثم سّم نوع المركب العضوي لكل منها:

a. $CH_3CH_2CH_2OH$

b. CH_3CH_2F

c. $CH_3CH_2NH_2$

d. $CH_3C(=O)OH$

7. قوّم كيف يمكن توقع درجة غليان البروبان، و1 – كلورو بروبان عند إجراء مقارنة بينهما؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–2

الكحولات والإيثرات والأمينات
Alcohols, Ethers, and Amines

الأهداف

- **تحدد** المجموعات الوظيفية التي تميز الكحولات، والإيثرات، والأمينات.
- **ترسم** الصيغة البنائية لكل من الكحول والإيثر والأمين.
- **تناقش** خواص واستعمالات الكحولات والإيثرات والأمينات.

مراجعة المفردات

السوائل التامة الامتزاج تصف سائلين يذوب كل منهما في الآخر.

المفردات الجديدة

مجموعة الهيدروكسيل

الكحولات

الإيثرات

الأمينات

الفكرة الرئيسة **الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.**

الربط مع الحياة عندما تلقيت آخر مصل طبي قامت الممرضة بتطهير جلدك بالكحول قبل حقنك. هل تعلم أن الممرضة كانت تستعمل أحد مشتقات الهيدروكربونات؟

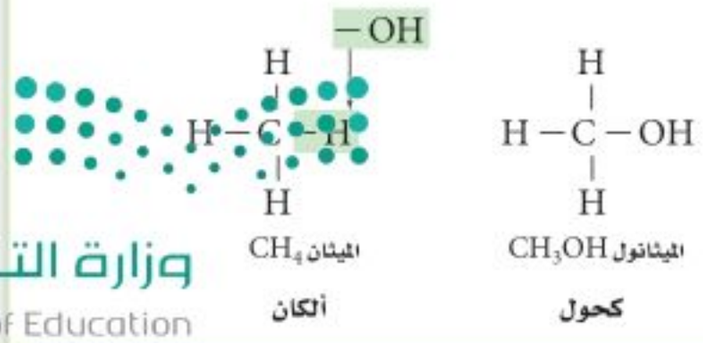
الكحولات Alcohols

كثير من المركبات العضوية تحتوي على ذرة أكسجين ترتبط مع ذرة كربون. ولأن ذرة الأكسجين تحتوي في مدارها الأخير على 6 إلكترونات، يكون لديها القدرة على تكوين رابطتين تساهميتين لتصل إلى نظام الثماني المستقر. كما يمكن لذرة الأكسجين أن ترتبط برابطة ثنائية مع ذرة الكربون لتحل محل ذرتين من الهيدروجين، وقد ترتبط برابطة أحادية مع الكربون ورابطة أخرى مع ذرة أخرى، مثل الهيدروجين. وتسمى مجموعة الأكسجين–والهيدروجين التي ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون **مجموعة الهيدروكسيل** (OH–). وتسمى المركبات العضوية الناتجة عن إحلال مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين **الكحولات**. ويبين **الجدول 4–2** الصيغة العامة للكحولات ROH، كما يوضح أيضا العلاقة بين الألكانات البسيطة، مثل الميثان، وأبسط الكحولات الميثانول.

ويعد الإيثانول وثاني أكسيد الكربون نواتج عملية تخمر السكر الموجود في العنب، وعجين الخبز، ويستخدم الإيثانول في الطب بسبب فاعليته بوصفة مطهّرًا. كما يستعمل لتعقيم الجلد قبل إعطاء الحقن، ويمكن إضافته إلى البنزين، كما يعد مادة أولية مهمة لتحضير مركبات عضوية أخرى أكثر تعقيدًا.

يبين **الشكل 7–2** نموذجًا لجزيء الإيثانول ونموذجًا لجزيء الماء. وبالمقارنة بين النموذجين ستلاحظ أن زاوية الرابطة التساهمية من الأكسجين في جزيء الإيثانول تساوي مقياس الزاوية نفسها في جزيء الماء، ولذلك تكون مجموعة الهيدروكسيل في جزيء الكحول متوسطة القطبية، كما في جزيء الماء، وقادرة على تكوين روابط هيدروجينية مع مجموعة هيدروكسيل في جزيئات كحول أخرى. وبسبب هذه الرابطة فإن درجة غليان الكحول أعلى من درجة غليان المركبات الهيدروكربونية المماثلة لها في الشكل والحجم.

الجدول 4-2

الكحولات	
الصيغة العامة	أبسط الكحولات وأبسط الألكانات
ROH R تمثل سلسلة أو حلقة الكربون المرتبطة مع المجموعة الوظيفية.	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويمكــن أن يمتــزج الكحول تمامًا مع الماء بســبب قطبيته ووجــود الرابطة الهيدروجينية. وفي الحقيقة يصعب فصل الكحول عن الماء بشــكل كامل بعد مزجهما. ولذلك تســتعمل عملية التقطير لفصل الكحــول عن الماء، وعلى الرغــم من ذلك يبقى حوالي 5% من المــاء في مزيج الإيثانول والماء بعد نهاية هذه العملية تمامًا، وبســبب قطبية مجموعة الهيدروكسيل في الكحول فإنه يعد مذيبًا جيدًا للمواد العضوية القطبية. فعلى ســبيل المثال، يعد الميثانول أبســط الكحولات، وهو من المذيبات الشائعة الاستعمال في الصناعة، مثل استعماله في بعض الدهانات، كما يستعمل 2- بيوتانول مذيبًا في بعض الأصباغ.

لاحظ أن اســم الكحولات يعتمد على اســم الألكانــات المقابلة لها، مثل هاليدات الألكيل. فعلى سبيل المثال، CH_4 هو الميثان، وCH_3OH الميثانول، و CH_3CH_3 الإيثان، و CH_3CH_2OH الإيثانول. وتعتمد تسمية الكحولات أساسًــا على عدد ذرات الكربون في الألكان، وتعتمد قواعد التسمية العالمية الأيوباك IUPAC على السلســلة أو الحلقة الأصليــة أولاً، ثم إضافة المقطع (ول) إلى نهاية اســم الألكان ليمثل مجموعة الهيدروكسيل. وفي الكحولات التــي تتكون من ثلاث ذرات كربون أو أكثر هنــاك أكثر من موقع لمجموعة الهيدروكســيل. لذلك يجب الإشــارة إلى الموقع برقم يضاف إلى الاســم في البداية، كما هو مبين في الشكلين: **2-8a**، و **الشكل 2-8b**.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا لا تكون الأسماء 3- بيوتانول، و4- بيوتانول أسماء صحيحة للمواد؟

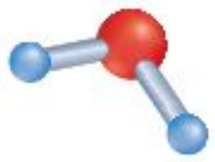
والآن انظر إلى **الشــكل 2-8c** تتكون حلقة المركب مــن 6 ذرات كربون مع روابط أحادية، وقد تعلمت من قبل أن اسم المركب هو هكسان حلقي. وبسبب وجود مجموعة $-OH$ مرتبطة مع الكربون يتم إضافة المقطع (ول) في نهاية اسم الألكان لأنه كحول. والترقيم هنــا ليس ضروريًا لأن جميع ذرات الكربون في الحلقة متكافئة. لذا يســمى هذا المركب هكســانول حلقي. وهو مركب سام يستعمل مذيبًا لبعض المواد البلاستيكية ويدخل في صناعة المبيدات الحشرية.

ولتسمية الكحولات في حالة وجود أكثر من مجموعة هيدروكسيل في سلسلة الكربون يضاف المقطع "ثنائي" أو "ثلاثي" أو "رباعي" قبل الاسم ليشير إلى عدد مجموعات الهيدروكســيل قبل الاسم، ثم يضاف اسم الألكان والمقطع (ول) في نهاية الاسم.

يبــين **الشــكل 2-8d** جــزيء 3،2،1- بروبان ترايول، واســمه الشــائع الجليــسرول. وهــو كحول يحتــوي على أكثر مــن مجموعة هيدروكســيل. والجليسرول يستعمل غالبًا مانعًا لتجمد الوقود في الطائرات.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا لم يتم ترقيم سلسلة ذرات الكربون عند تسمية المركب في **الشكل 2-8c**؟

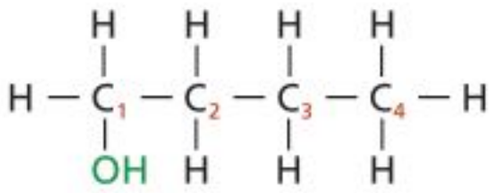
الشكل 7-2 الزاوية بين رابطتي الأكسجين التساهمية لها القياس نفسه تقريبًا في جزيئي الماء والإيثانول.



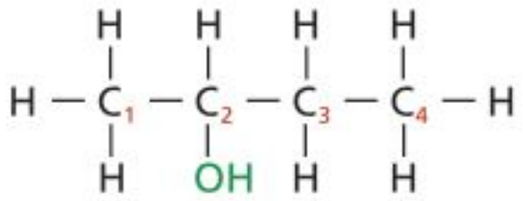
ماء

إيثانول

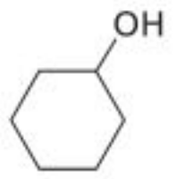
الشكل 8-2 تعتمد تسمية الكحولات على أسماء الألكانات المقابلة لها.



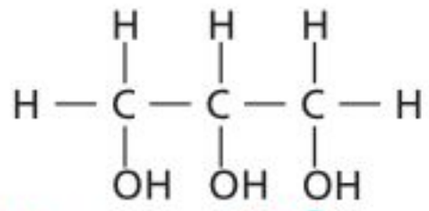
a. 1- بيوتانول



b. 2- بيوتانول



c. هكسانول حلقي



d. 3،2،1- بروبان ترايول (الجليسرول)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الإيثرات Ethers

الإيثرات مركبات عضوية تحتوي على ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإيثرات هي 'ROR. وأبسط إيثر هو الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين مع مجموعتين من الميثيل. لاحظ التشـــابه بين الميثانول وثنائي ميثيل إيثر، كما هو مبين في الجدول 5-2.

استعمل المصطلح إيثر أول مرة في الكيمياء للمركب ثنائي إيثيل إيثر، وهو مادة متطايرة وشديدة الاشتعال، وقد استعملت مادة مخدرة في العمليات الجراحية منذ عام 1842م حتى القرن العشرين. ومع مرور الوقت، اســتعمل المصطلــح إيثر ليدل على المواد العضوية التي لها سلســلتان من الهيدروكربونات المرتبطة مع ذرة أكسجين واحدة. ولعدم وجود ذرات هيدروجين مرتبطة مع ذرة الأكســجين في الإيثرات، لا تكوّن جزيئاتهــا روابط هيدروجينية بعضها مع بعض. ولذلك فالإيثرات عمومًا شــديدة التطاير؛ لأن درجــات غليانها منخفضة مقارنة بالكحــولات التي لها نفس الحجم والكتلــة الجزيئية. كما أن الإيثرات قليلة الذوبــان في الماء مقارنة بالكحولات لعدم وجــود روابط هيدروجينية بين جزيئاتها والماء، وهــي كذلك أقل قطبية. ومع ذلك يمكن لذرة الأكسجين أن تعمل مستقبلاً لذرات الهيدروجين من جزيئات الماء، وهو ما يفسر ذوبانها بشكل قليل.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا لا يفضل استعمال ثنائي إيثيل إيثر مادةً مخدرة؟

لتسمية الإيثرات التي لها سلسلتان متطابقتان من الألكيل ترتبط مع الأكسجين، يذكر اسم الألكيل أولاً، ثم يضاف كلمة إيثر. ويبين **الجدول 5-2** أيضًا التراكيب والأسماء لمركبين متماثلين من الإيثرات، هما: بروبيل إيثر، وهكســيل حلقي إيثر. أما إذا كانت مجموعات الألكيل مختلفة فعندها ترتب أبجديًّا بحسب الحروف الإنجليزية، ثم يتبع الاســم بكلمة إيثر. ويحتــوي **الجدول 5-2** كذلك على مثالين مــن الإيثرات، إيثيل بيوتيل إيثر، وإيثيل ميثيل إيثر.

المفردات

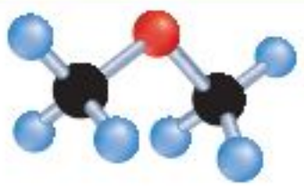
المفردات الأكاديمية

الرابطة (Bond)
الاتصال، والربط، والضم.
تربــط ذرة الأكســجين ذرتــين من الكربون لتكون الإيثر.

المطويات
ضمِّن مطويتــك معلومات من هذا القسم.

الجدول 5-2

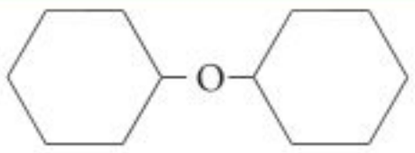
الإيثرات

الصيغة العامة	ثنائي الميثيل إيثر والميثانول
ROR′ حيث تمثل R و R′ سلسلة أو حلقة مرتبطة مع المجموعة الوظيفية	 ثنائي ميثيل إيثر درجة الغليان = −25°C ميثانول درجة الغليان = 65°C

أمثلة على الإيثرات

$CH_3CH_2CH_2-O-CH_2CH_2CH_3$
بروبيل ايثر

$CH_3CH_2-O-CH_3$
إيثيل ميثيل إيثر


هكسيل حلقي إيثر

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_2CH_2CH_3$
بيوتيل إيثيل إيثر

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأمينات Amines

تحتوي **الأمينات** على ذرات نيتروجين مرتبطة مع ذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2، كما هو مبين في **الجدول 6-2**.

ولقد اشتق الكيميائيون اسم الأمينات من الأمونيا NH_3. وتعد الأمينات أولية وثانوية أو ثالثية اعتمادًا على ما إذا كانت واحدة أو اثنتان أو ثلاث من ذرات الهيدروجين في الأمونيا قد حل محلها مجموعات عضوية.

وعند تسمية الأمينات يشار إلى مجموعة الأمين NH_2– بالمقطع أمينو في بداية الاسم أو أمين في نهاية الاسم. ويشار في بعض الحالات إلى موقع الأمين برقم، كما هو مبين في **الجدول 6-2**. وفي حالة وجود أكثر من مجموعة أمين يستعمل المقطع ثنائي أو ثلاثي أو رباعي ...إلخ في بداية الاسم ليدل على عدد مجموعات الأمين.

يستعمل الأنيلين في إنتاج الأصباغ ذات الظلال العميقة اللون. والاسم الشائع للأنيلين مستمد من النباتات التي عرفت في تلك الفترة التاريخية. كما أن لكل من هكسيل حلقي أمين والإيثيل أمين دورًا مهمًا في صناعة المبيدات الحشرية والمواد البلاستيكية والأدوية والمطاط المستعمل في صناعة الإطارات.

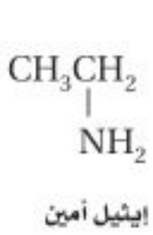
وتعد رائحة الأمينات المتطايرة غير مقبولة من قبل الإنسان. والأمينات هي المسؤولة عن الكثير من الروائح المميزة للمخلوقات الميتة، والمخلوقات المتحللة. وغالبًا ما تستعمل الكلاب البوليسية المدربة لتحديد مكان الرفات البشري باستعمال هذه الروائح المميزة بعد الكوارث، مثل التسونامي والأعاصير، والزلازل، كما تستعمل الأمينات في تحقيقات الطب الجنائي.

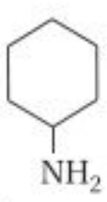
الجدول 6-2 الأمينات

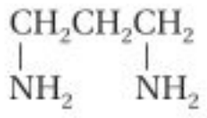
الصيغة العامة
RNH_2 حيث تمثل R سلسلة كربون أو حلقة مرتبطة مع مجموعة وظيفية

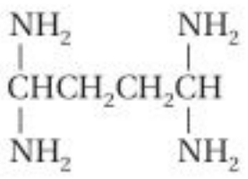
أمثلة على الأمينات

أنيلين


إيثيل أمين


هكسيل حلقي أمين


3،1- بروبان ثنائي أمين
أو (3،1 - ثنائي أمينو بروبان)


4،4،1،1 - بيوتان رباعي أمين
أو 4،4،1،1 - رباعي أمينو بيوتان

التقويم 2-2

الخلاصة

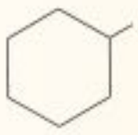
- تتكون الكحولات، والإيثرات، والأمينات عندما تحل مجموعة وظيفية معينة محل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية.
- الكحولات تكوّن روابط هيدروجينية بسهولة؛ لذلك فإن درجات غليانها تكون كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

8. الفكرة الرئيسة **حدّد** عنصرين يتوافران بشكل كبير في المجموعات الوظيفية.

9. **حدّد** المجموعة الوظيفية لكل مما يأتي، وسمّ المادة المبينة لكل صيغة بنائية.

a. CH_3CHCH_3 (NH_2)

b.



c. $CH_3-O-CH_2CH_2CH_3$

10. ارسم الصيغة البنائية لكل جزيء مما يأتي:

a. 1– بروبانول

b. 3،1 – دايول بنتان حلقي

c. ثنائي بروبيل إيثر

d. 2،1 – بروبان ثنائي أمين

11. ناقش خواص الكحولات، والإيثرات، والأمينات، ثم اذكر استعمالاً واحدًا لكلٍّ منها.

12. حلل – اعتمادًا على الصيغة البنائية أدناه – أي المركبين أكثر ذوبانية في الماء؟ فسّر إجابتك.

CH_3CH_2 (OH)

CH_3-O-CH_3

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–3

مركبات الكربونيل
Carbonyl Compounds

الأهداف

- **تحدد** تركيب المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل مثل الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.
- **تناقش** خواص المركبات التي تحتوي على مجموعة الكربونيل.

مراجعة المفردات

الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية لذرات العنصر على جذب إلكترونات الرابطة.

المفردات الجديدة

مجموعة الكربونيل
الألدهيدات
الكيتونات
الأحماض الكربوكسيلية
مجموعة الكربوكسيل
الإسترات
الأميدات
تفاعلات التكثف

الفكرة الرئيسة **تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.**

الربط مع الحياة لعلك أكلت قطعة من الحلوى بنكهة الفاكهة الحقيقية. يحتوي الكثير من الفواكه الطبيعية – ومنها الفراولة – على الكثير من المركبات العضوية التي تعطي نكهة الفواكه المميزة. وتوجد مجموعة الكربونيل في أنواع كثيرة من النكهات الصناعية الشائعة.

المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة الكربونيل
Organic Compounds Containing the Carbonyl Group

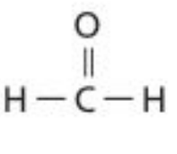
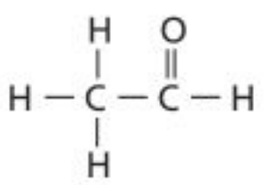
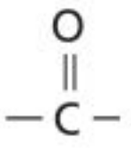
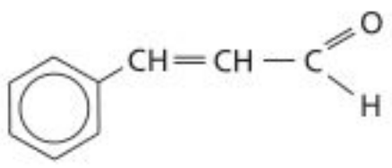
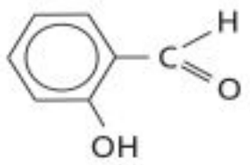
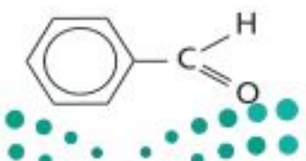
يسمى الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون **مجموعة الكربونيل**. وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكيتونات.

الألدهيدات تعد **الألدهيدات** مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO؛ حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين، كما هو مبين في **الجدول 7-2**.

وتسمى الألدهيدات بإضافة المقطع (ال) إلى نهاية اسم الألكان الذي له عدد ذرات الكربون نفسه. وهكذا يحتوي المركب ميثانال، كما هو مبين في **الجدول 7-2**، على ذرة كربون واحدة. وهذا يعني أن اسم الألدهيد يؤخذ من اسم الألكان المقابل وهو الميثان. ولأن مجموعة الكربونيل ترتبط في الألدهيدات مع ذرة الكربون التي تقع في نهاية السلسلة، لذلك لا نستعمل الترقيم عند تسمية الألدهيدات إلا في حالات التفرعات أو وجود مجموعات وظيفية أخرى. وللميثانال اسم شائع يعرف به هو الفورمالدهيد. أما الاسم الشائع للإيثانال فهو أسيتالدهيد. ويستعمل العلماء غالبًا الأسماء الشائعة للمركبات العضوية؛ لأنها مألوفة للكيميائيين.

الجدول 7-2

الألدهيدات

الصيغة العامة	أمثلة على الألدهيدات	
RCHO حيث R تمثل مجموعة ألكيل أو ذرة هيدروجين	 ميثانال (فورمالدهيد)	 إيثانال (أسيتالدهيد)
 مجموعة الكربونيل	 3- فينل، بروب - 2 - إينال (سينامالدهيد)	 2- هيدروكسي بنزالدهيد (ساليسالدهيد)  فينل ميثانال (بنزالدهيد)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يحتوي جزيء الألدهيد على مجموعة قطبية ونشطة في التفاعل. وكما هو الحال مع الإيثرات، لا تستطيع جزيئات الألدهيدات تكوين روابط هيدروجينية بعضها مع بعض؛ لأن جزيئاتها لا تحتوي على ذرات هيدروجين مرتبطة مباشرة مع ذرة الأكسجين، لذلك تكون درجة غليانها أقل من درجة غليان الكحولات التي لها عدد ذرات الكربون نفسه. ولجزيئات الماء القدرة على تكوين روابط هيدروجينية مع الأكسجين الموجود في مجموعة الألدهيد، لذلك تكون أكثر ذوبانية في الماء من الألكانات، ولكن ليس كذوبانية الكحولات والأمينات.

استعمل محلول الفورمالدهيد في عمليات الحفظ عدة سنوات، كما هو مبين في **الشكل 9-2**. وصناعيًّا تستعمل كميات كبيرة من الفورمالدهيد للتفاعل مع اليوريا لصنع نوع من الشمع المقاوم، والمواد البلاستيكية الصلبة المستعملة في صناعة الأزرار، وقطع غيار السيارات، والأجهزة الكهربائية، فضلًا عن الغراء الذي يعمل على إلصاق طبقات الخشب معًا. ويعد كل من بنزالدهيد وساليسالدهيد، الموضح تركيبهما في **الجدول 7-2** نوعين من المركبات التي تعطي اللوز نكهته الطبيعية. أما رائحة القرفة ومذاقها – وهي نوع من التوابل التي تستخرج من لحاء شجرة استوائية – فيمكن إنتاجها بكميات كبيرة بواسطة السينامالدهيد الموضح تركيبه في **الجدول 7-2**.

ماذا قرأت؟ حدد اثنين من استعمالات الألدهيدات.

الكيتونات يمكن أن ترتبط مجموعة الكربونيل مع الكربون في وسط السلسلة بدلاً من ارتباطها في نهاية السلسلة. والكيتونات مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة الموضحة في **الجدول 8-2**. وترتبط ذرات الكربون على طرفي مجموعة الكربونيل مع ذرات كربون أخرى. إن أبسط الكيتونات وأكثرها شيوعًا هو الأسيتون، الذي ترتبط فيه ذرات الهيدروجين فقط مع ذرات الكربون الطرفية، كما هو مبين في **الجدول 8-2** أيضًا.

ويتم تسمية الكيتونات بإضافة المقطع (ون) إلى نهاية اسم الألكان، ووضع رقم قبل الاسم ليدل على موقع مجموعة الكيتون. ففي المثال السابق تغير اسم الألكان من بروبان إلى بروبانون. ولا يمكن لمجموعة الكربونيل إلا أن تقع في الوسط فقط، ومع ذلك يمكن إضافة الرقم 2- للاسم؛ لمزيد من التوضيح، كما في **الجدول 8-2**.

وتشترك الكيتونات والألدهيدات في الكثير من الخواص الفيزيائية والكيميائية لتشابه تركيبيهما. فالكيتونات مركبات قطبية وأقل نشاطًا من الألدهيدات. ولهذا السبب يعد الكيتون مذيبًا شائعًا للمواد القطبية المعتدلة، ومنها الشمع والبلاستيك والطلاء والورنيش والغراء. وكما هو الحال مع الألدهيد، لا تكوّن جزيئات الكيتون روابط هيدروجينة بعضها مع بعض، ولكن يمكن أن تكوّن روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء. ولذلك فالكيتونات قابلة للذوبان في الماء إلى حد ما، ولكن الأسيتون قابل للذوبان في الماء بشكل تام.

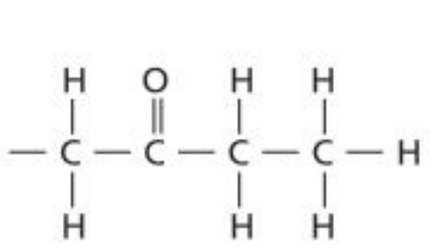
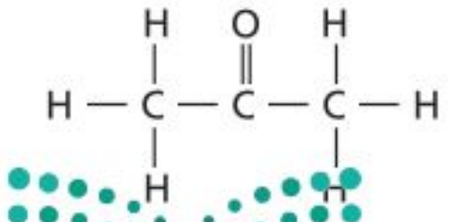
الشكل 9-2 تم استعمال محلول الفورمالدهيد في الماضي لحفظ العينات البيولوجية. وقد تم تقييد استعمال الفورمالدهيد في السنوات الأخيرة لأن الدراسات تشير إلى أنه قد يسبب السرطان.

تجربة عملية

خواص الكربوهيدرات

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الجدول 8-2

الكيتونات	
الصيغة العامة	أمثلة على الكيتونات
 حيث تمثل R و R′ سلاسل أو حلقات كربون مرتبطة مع مجموعات وظيفية	2- بيوتانون (ميثيل إيثيل كيتون)
	 2- بروبانون (الأسيتون)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acids

الاحماض الكربوكسيلية مركبات عضوية تحتوي على **مجموعة الكربوكسيل**. وتتكون مجموعة الكربوكسيل من مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل. ولذلك تكون الصيغة العامة للأحماض الكربوكسيلية كما في **الجدول 9-2**. ويبين **الجدول 9-2** حمضًا مألوفًا، هو حمض الإيثانويك، وهو الحمض الموجود في الخل. وعلى الرغم من أن الكثير من الأحماض الكربوكسيلية لها أسماء شائعة، إلا أن الاسم بحسب طريقة التسمية الدولية يتكون من إضافة المقطع (ويك) إلى نهاية اسم الألكان وإضافة كلمة حمض في بداية الاسم. اسم حمض الأسيتيك مثلاً بحسب الطريقة الدولية هو حمض الإيثانويك.

وغالبًا ما تكتب مجموعة الكربوكسيل في صورة COOH – . فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة حمض الإيثانويك في صورة CH_3COOH. ويتكون أبسط الأحماض الكربوكسيلية من مجموعة الكربوكسيل المرتبطة مع ذرة هيدروجين واحدة HCOOH كما في **الجدول 9-2**. واسمه بحسب الطريقة الدولية هو حمض الميثانويك، بينما الاسم الشائع له حمض الفورميك. وتقوم بعض الحشرات بإنتاج حمض الفورميك بوصفه آلية للدفاع عن نفسها، كما في **الشكل 10-2**.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف يشتق اسم حمض الإيثانويك.

الأحماض الكربوكسيلية مركبات قطبية نشطة. وما يذوب منها في الماء يتأين بشكل ضعيف لإنتاج أيون الهيدرونيوم، ويكون أيون الحمض السالب في حاله اتزان مع الماء والحمض غير المتأين. ويتأين حمض الإيثانويك كالآتي:

$$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

تتأين الأحماض الكربوكسيلية في المحاليل المائية؛ لأن ذرتي الأكسجين ذات كهروسالبية عالية، وتجذب الإلكترونات بعيدًا عن ذرة الهيدروجين إلى مجموعة OH–. ونتيجة لذلك ينتقل بروتون الهيدروجين إلى ذرة أخرى لديها زوج من الإلكترونات غير المرتبطة، كذرة الأكسجين في جزيء الماء. ولأن الأحماض الكربوكسيلية تتأين في الماء فإنها تعمل على تحويل لون ورقة تباع الشمس الزرقاء إلى حمراء، وتتميز بمذاق حمضي لاذع.

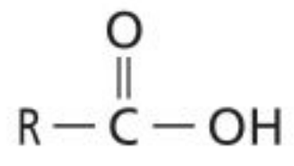
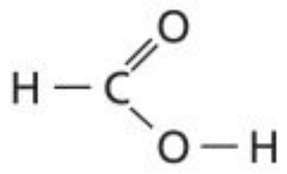
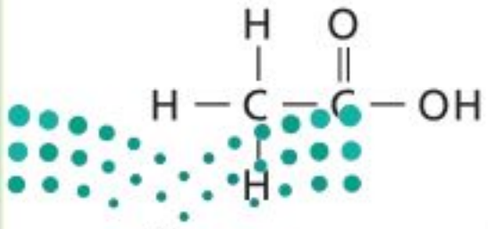
ولبعض الأحماض الكربوكسيلية المهمة – ومنها حمض الأكساليك وحمض الأديبيك – مجموعتا كربوكسيل أو أكثر. مثل هذه الأحماض تسمى ثنائية الحمض. كما قد يحتوي البعض الآخر على مجموعات وظيفية إضافية مثل مجموعات الهيدروكسيل، كما في حمض اللاكتيك الموجود في اللبن. وعادةً تكون هذه الأحماض أكثر قابلية للذوبان في الماء، وأكثر حمضية من الأحماض التي تحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة فقط.

ماذا قرأت؟ قوّم مستعملاً المعلومات أعلاه. فسّر لماذا تصنف الأحماض الكربوكسيلية على أنها أحماض؟

الشكل 10-2 يدافع النمل اللاسع عن نفسه بإفراز سم يحتوي على حمض الفورميك.

حدد اسمًا آخر لحمض الفورميك.

الجدول 9-2

الأحماض الكربوكسيلية		
الصيغة العامة	أمثلة على الأحماض الكربوكسيلية	
		
R تمثل سلسلة أو حلقة من الكربون	حمض الميثانويك (حمض الفورميك)	حمض الإيثانويك (حمض الأستيك)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

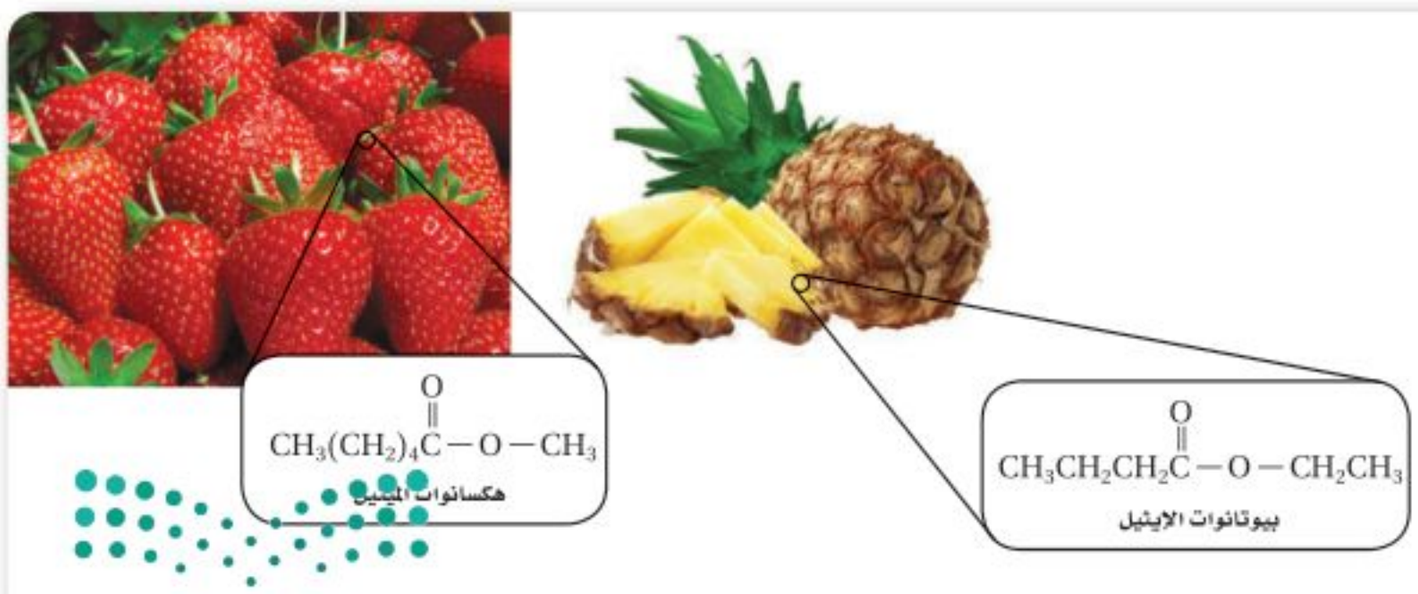
الجدول 10-2	الإسترات
الصيغة العامة	مثال على الإستر
$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'$ مجموعة إستر	مجموعة بروبيل — مجموعة إيثانوات $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2CH_2CH_3$ مجموعة إستر إيثانوات (أسيتات) البروبيل

مركبات عضوية مشتقة من الأحماض الكربوكسيلية
Organic Compounds Derived from Carboxylic Acids

يتألف العديد من أصناف المركبات العضوية من تركيب حمض كربوكسيلي استبدلت فيه ذرة الهيدروجين أو مجموعة الهيدروكسيل بذرات أو مجموعات أخرى. ومن أكثر الفئات شيوعًا الإستر والأميدات.

الإسترات تعدُّ **الإســترات** مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلّت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكســيل، كما في الصيغة العامة المبينّة في **الجدول 10-2**. ويتم تسمية الإسترات بكتابة اسم الحمض الكربوكسيلي واســتعمال المقطع (وات) بدل المقطع (ويك) متبوعاً بالألكيل، كما هو موضح في المثال المبين في **الجدول 10-2**. لاحظ كيف اشتق اسم البروبيل من الصيغة البنائية، وأن الاسم المبين بين القوسين يعتمد على حمض الأسيتيك، وهو الاسم الشائع لحمض الإيثانويك.

والإسترات مركبات قطبية متطايرة ورائحتها عطرة. وتوجد أنواع كثيرة منها في العطور والنكهات الطبيعية وفي الفواكه والأزهار، كما في **الشكل 11-2**. وتنتج النكهات الطبيعية – ومنها نكهة التفاح أو الموز – عن مزيج من جزيئات عضوية مختلفة منها الإسترات. وقد يكون سبب بعض هذه النكهات تركيب إستر واحد فقط. لذا يتم تصنيع الإسترات لاستعمالها في كثير من الأطعمة والنكهات والمشروبات والعطور والشموع العطرية، والمواد المعطرة الأخرى.



الشكل 11-2 تعد الإسترات مصدر روائح وطعم الكثير من الفواكه؛ إذ يعزى طعم الفراولة إلى هكسانوات الميثيل، وطعم الأناناس لمركب بيوتانوات الإيثيل. ويعزى مصدر الروائح الطبيعية إلى خليط من الإسترات والألدهيدات والكحولات.

تجربة

تحضير الإستر

كيف تُميز الإستر؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. حضّر حمامًا مائيًّا ساخنًا بإضافة 150mL من ماء الصنبور إلى كأس مدرجةٍ سعتها 250mL، وضع الكأس على سخان كهربائي، واضبط حرارته عند منتصف التدريج.
3. زِنْ 1.5g من حمض السلسليك. ثم ضعه في أنبوب اختبار وأضف إليه 3mL ماءً مقطرًا. استعمل مخبارًا مدرجًا سعته 10mL لقياس حجم الماء، ثم أضف 3mL ميثانول. وباستعمال الماصة أضف 3 قطرات من حمض الكبريتيك المركز إلى أنبوب الاختبار. **تحذير: يمكن أن يسبب حمض الكبريتيك المركّز حروقًا، وقد يشتعل الميثانول ويسبب انفجارًا، لذا احفظه بعيدًا عن مصدر اللهب. وتعامل دائمًا مع المواد الكيميائية بحذر.**
4. عندما يسخن الماء وقبل الغليان ضع أنبوب الاختبار في الحمام المائي مدة 5 دقائق. استعمل ماسك الأنابيب لنقل أنبوب الاختبار من الحمام المائي إلى حامل الأنابيب لاستخدامه لاحقًا.
5. ضع كرات قطنية في طبق بتري حتى المنتصف. ثم أفرغ محتويات أنبوب الاختبار فوق الكرات القطنية في طبق بتري، وسجل ملاحظاتك حول الرائحة الناتجة.

التحليل

1. **سمّ** بعض المنتجات التي تعتقد أنها تحتوي على هذا الإستر.
2. **قوّم** فوائد ومضار استعمال الإسترات الصناعية على المستهلك بالمقارنة مع استعمال الإسترات الطبيعية.

الأميدات تعدُّ **الأميدات** مركبات عضوية تنتج عن إحلال ذرة نيتروجين مرتبطة مع ذرات أخرى محل مجموعة هيدروكسيل OH – في الحمض الكربوكسيلي. ويوضح **الجدول 11-2** الصيغة العامة للأميدات.

تسمى الأميدات بكتابة اسم الألكان، ثم إضافة المقطع أميد في نهاية الاسم. لذا يكون اسم الأميد الظاهر في **الجدول 11-2** هو إيثان أميد، ولكنه يعرف بالاسم الشائع أسيتاميد، المشتق من الاسم الشائع حمض الأسيتيك.

ماذا قرأت؟ **سمّ** ثلاثة أنواع من الطعام الذي يحتوي على حمض الخل (الإيثانويك).

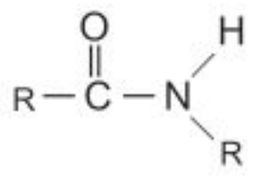
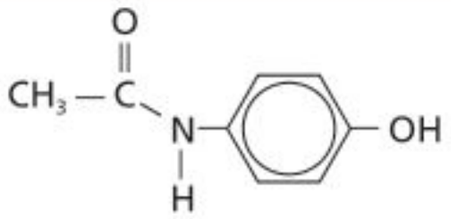
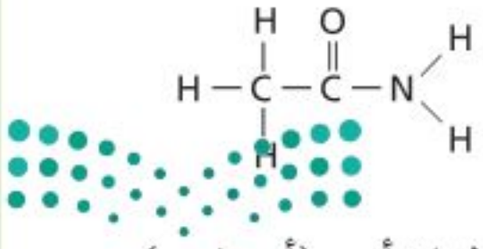
توجد مجموعة الأميد الوظيفية بشكل متكرر في البروتينات الطبيعية وبعض المواد الصناعية. فعلى سبيل المثال، قد تكون استعملت مواد تحتوي على الأسيتامينوفين – غير الأسبرين – لتخفيف الألم. وبالنظر إلى تركيب الأسيتامينوفين الظاهر في **الجدول 11-2**، ستلاحظ في مجموعة الأميد أن (– NH–) تربط مجموعة كربونيل مع مجموعة أروماتية.

ويسمى أحد الأميدات المهمة كاربامايد NH_2CONH_2، والاسم الأكثر شيوعًا هو اليوريا، ويعرف أيضًا باسم ثنائي أميد حمض الكربونيك. واليوريا هي آخر نواتج عملية هضم البروتينات في الثدييات. وتوجد في الدم، والمرارة الصفراء، والحليب، وعرق الثدييات. عند تحطم البروتينات تنتقل منها مجموعات الأمين NH_2–، ثم تتحول إلى أمونيا NH_3، وهي مادة سامة للجسم، ويقوم الكبد بتحويلها إلى مادة اليوريا غير السامة. ويتم التخلص من اليوريا في الدم بواسطة الكلى وتخرج مع البول.

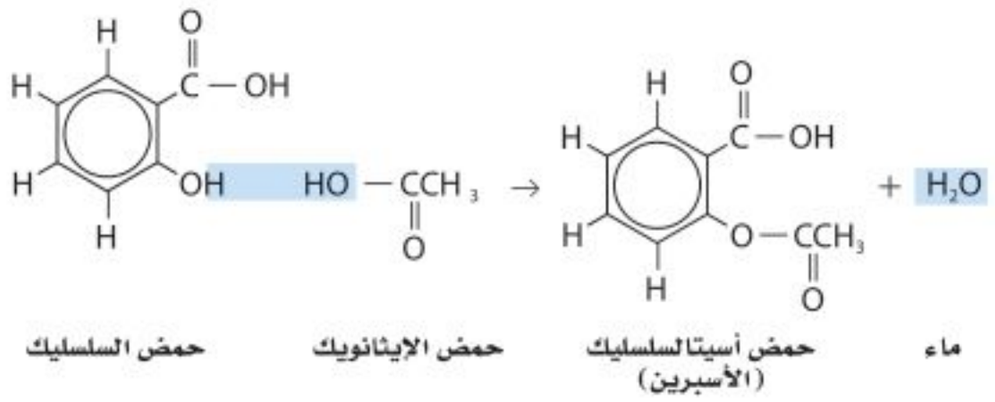
وبسبب احتواء اليوريا على نسبة عالية من النيتروجين وسهولة تحولها إلى أمونيا في التربة فإنها تستعمل في صناعة الأسمدة الزراعية. كما تستعمل اليوريا غذاء للماشية والأغنام؛ إذ تستعملها هذه الحيوانات لإنتاج البروتينات في أجسامها.

ماذا قرأت؟ **حدّد** أحد الأميدات الموجودة في جسم الإنسان.

الجدول 11-2

الأميدات	
الصيغة العامة	أمثلة على الأميدات
 مجموعة الأميد	 (أسيتامينوفين)
	 الإيثان أميد (أسيتاميد)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 12–2 لتحضير الأسبرين يتحد جزيئان عضويان من خلال تفاعل التكثف لتكوين جزيء أكبر.

تفاعلات التكثف Condensation Reactions

تتضمن العديد من التحضيرات التي تتم في المختبرات والعمليات الصناعية تفاعل مادتين من المواد المتفاعلة العضوية لتكوين مركب عضوي ضخم؛ مثل الأسبرين، كما هو موضح في **الشكل 12–2**. ويعرف هذا النوع من التفاعل بتفاعل التكثف.

في **تفاعل التكثف** يتم ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيدًا. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة عن كلا الجزيئين المتحدين. وتعد تفاعلات التكثف تفاعلات حذف بحيث تتكون رابطة بين ذرتين لم تكونا مرتبطتين سابقًا.

ومن أكثر تفاعلات التكثف شيوعًا تلك التي تتضمن الجمع بين الحمض الكربوكسيلي مع جزيئات لمركبات عضوية أخرى. والطريقة الشائعة لتحضير الإستر تتم بتفاعلات التكثف بين الأحماض الكربوكسيلية والكحول. ويمكن تمثيل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية العامة الآتية.

$$RCOOH + R'OH \rightarrow RCOOR' + H_2O$$

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

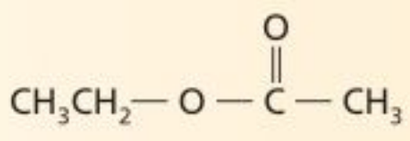
التقويم 2-3

الخلاصة

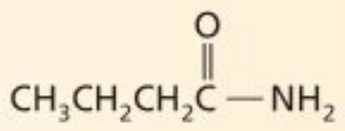
- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة C=O.
- هناك خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية تحتوي على مركبات الكربونيل، هي: الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

13. الفكرة الرئيسة **صنف** كل مركب من مركبات الكربونيل الآتية إلى أحد أنواع المواد العضوية التي درستها في هذا القسم.

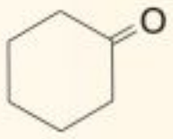
a.



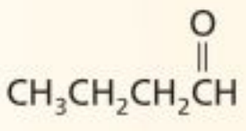
b.



c.



d.



14. صف نواتج تفاعل التكثف بين الحمض الكربوكسيلي والكحول.

15. حدد الصيغة العامة للألكانات C_nH_{2n+2}. اشتق الصيغة العامة التي تمثل الألدهيد، والكيتون، والحمض الكربوكسيلي.

16. استنتج لماذا تكون المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعات كربوكسيل ذات خواص حمضية عندما تذوب في الماء، بينما ليس لمركبات أخرى مشابهة لها في التركيب مثل الألدهيد الخواص نفسها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–4

تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

Other Reactions of Organic Compounds

الأهداف

- **تصنف** تفاعلات المركبات العضوية إلى أحد الأنواع الخمسة الآتية: الاستبدال، أو الإضافة، أو الحذف، أو الأكسدة و الاختزال، أو التكثف.
- **تستعمل** الصيغ البنائية لكتابة معادلات تفاعلات المركبات العضوية.
- **تتوقع** نواتج تفاعلات المركبات العضوية

مراجعة المفردات

المحفّز مادة تزيد معدل سرعة التفاعل الكيميائي بخفض طاقات التنشيط دون أن تستهلك في التفاعل.

المفردات الجديدة

تفاعلات الحذف

تفاعلات حذف الهيدروجين

تفاعلات حذف الماء

تفاعلات الإضافة

تفاعلات إضافة الماء

تفاعلات الهدرجة

الفكرة الرئيسة **تصنيف تفاعلات المركبات العضوية يجعل توقع نواتج التفاعلات أسهل.**

الربط مع الحياة عند تناولك طعام الغداء لا يخطر ببالك ما يحدث من أكسدة للمركبات العضوية. ومع ذلك فهذا ما يحدث داخل جسمك؛ حيث تعمل أجهزة الجسم على تفتيت الطعام الذي تناولته للحصول على الطاقة اللازمة لجسمك.

تصنيف تفاعلات المواد العضوية

Classifying Reactions of Organic Substances

اكتشف علماء الكيمياء العضوية آلاف التفاعلات التي يمكن بها تحويل المركبات العضوية إلى مركبات عضوية أخرى مختلفة. وباستعمال مجموعة من هذه التفاعلات، تعتمد الصناعات الكيميائية على تحويل المركبات الصغيرة من البترول والغاز الطبيعي إلى مركبات كبيرة. وتوجد المركبات العضوية المعقدة في العديد من المنتجات المفيدة، ومنها الأدوية والمواد المستهلكة، كما في **الشكل 13–2**. وبالإضافة إلى تفاعلات الاستبدال والتكثف هناك أنواع أخرى من التفاعلات العضوية، هي: الحذف والإضافة والأكسدة والاختزال.

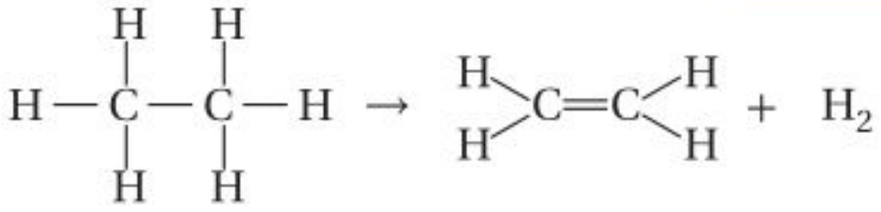
تفاعلات الحذف هناك طريقة واحدة لتغير الألكان إلى مادة أكثر نشاطًا في التفاعلات الكيميائية، ألا وهي تكوين رابطة تساهمية ثنائية بين ذرتين من الكربون لتكوين الألكين. وتسمى عملية تكوين الألكين من الألكان **تفاعلات الحذف**، وهي التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالبًا ما تكوّن الذرات المحذوفة جزيئات مستقرة، مثل H_2O، أو HCl، أو H_2.

ماذا قرأت؟ **عرف** تفاعلات الحذف مستعملًا كلماتك الخاصة.

الشكل 13–2 الكثير من المنتجات الاستهلاكية - ومنها الأواني البلاستيكية والألياف المستعملة في صناعة الحبال والملابس، والزيوت والشموع التي تستعمل في مستحضرات التجميل - مصنوعة من البترول والغاز الطبيعي.

الشكل 14–2 يصنع البولي إيثيلين المنخفض الكثافة من غاز الإيثين تحت ضغط مرتفع عند وجود مواد محفزة. ويستعمل هذا النوع من البلاستيك في تجهيزات ملاعب الأطفال؛ لسهولة تشكيله في أشكال متنوعة، كما يسهل إعطاؤه ألوانًا متعددة، إضافة إلى قدرته على تحمل الاستعمال المتكرر.

يحضر الإيثين، وهو المادة الأولية المستعملة في صناعة أدوات وأرضيات الملاعب، كما هو مبين في الشكل **14–2**، وتسمى التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين من الإيثان **تفاعلات حذف الهيدروجين**. لاحظ أن ذرتي الهيدروجين قد كوّنتا غاز الهيدروجين.



المطويات

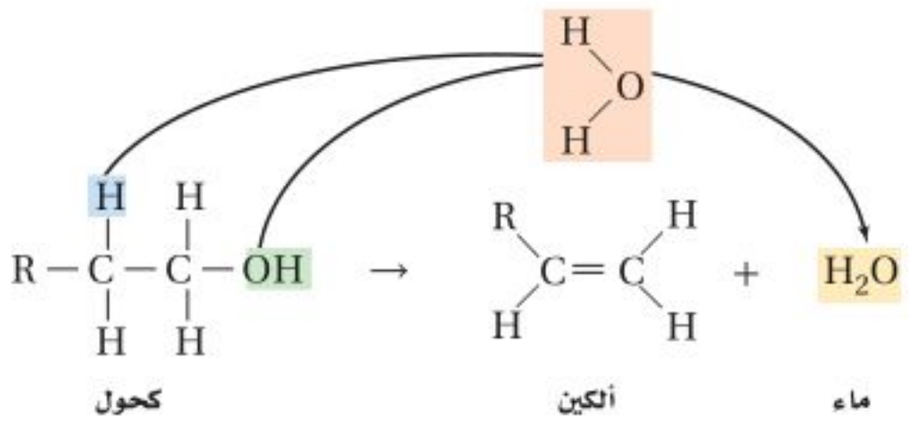
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

ويمكن أن يدخل هاليد الألكيل في تفاعل حذف لإنتاج الألكين وهاليد الهيدروجين، كما هو مبين لاحقًا.

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}X \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + HX$$

هاليد الألكيل — ألكين — هاليد الهيدروجين

ويمكن أن تدخل الكحولات أيضًا في تفاعلات حذف يتم فيها فقد ذرة هيدروجين ومجموعة هيدروكسيل وتكوين الماء، كما هو مبين أدناه. وتسمى تفاعلات الحذف التي يصاحبها تكوين الماء **تفاعلات حذف الماء**. وفي هذا التفاعل يتحول الكحول إلى ألكين وماء.



ويمكن كتابة معادلة هذا التفاعل عمومًا على النحو الآتي:

$$R{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \rightarrow R{-}CH{=}CH_2 + H_2O$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تفاعلات الإضافة نوع آخر من تفاعلات المركبات العضوية، وهي تعد تفاعلات عكسية لتفاعلات الحذف. وتحدث **تفاعلات الإضافة** عندما ترتبط ذرات أخرى مع ذرات الكربون المكونة للرابطة التساهمية الثنائية أو الثلاثية. وتتضمن تفاعلات الإضافة تكسير الرابطة الثنائية في الألكينات أو الرابطة الثلاثية في الألكاينات. وتحدث هذه التفاعلات عند وجود تركيز عالٍ من الإلكترونات في الرابطة الثنائية أو الثلاثية. لذلك تميل الجزيئات والأيونات إلى جذب الإلكترونات لتكوين روابط تستعمل فيها إلكترونات الروابط الثنائية أو الثلاثية. وأكثر تفاعلات الإضافة شيوعًا هي التي تضيف كلًّا مما يلي: X_2، و HX، و H_2، و H_2O إلى الألكينات، كما في **الجدول 12-2**.

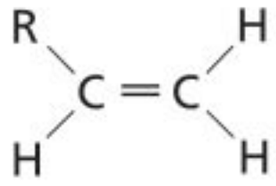
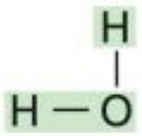
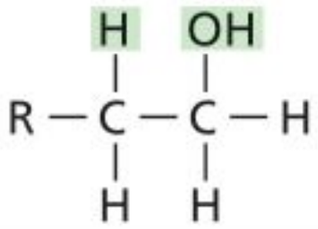
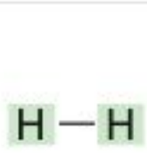
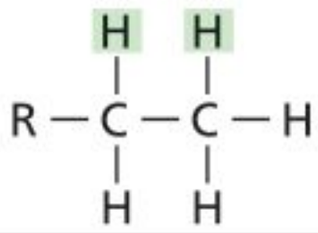
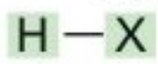
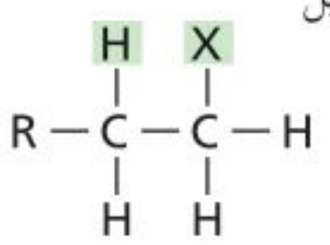
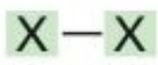
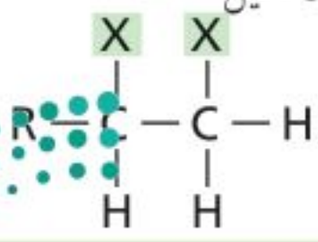
وتعد **تفاعلات إضافة الماء**، المبينة في **الجدول 12-2**، تفاعلات إضافة؛ حيث يتم فيها إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وتبين المعادلة العامة المبينة في **الجدول 12-2** أن تفاعلات إضافة الماء عكس تفاعلات حذف الماء.

وتسمى تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكوّن الرابطة الثنائية أو الثلاثية **تفاعلات الهدرجة**؛ حيث يتفاعل جزيء واحد من H_2 مع الرابطة الثنائية بشكل تام، وعندما يضاف H_2 إلى الرابطة الثنائية في الألكينات يتحول الألكين إلى ألكان.

ماذا قرأت؟ **حدد** التفاعل العكسي لتفاعل الهدرجة.

الجدول 12-2

تفاعلات الإضافة

الألكين المتفاعل	المادة المتفاعلة المضافة	المادة الناتجة
	الماء 	الكحول 
	الهيدروجين 	ألكان 
	هاليد الهيدروجين 	هاليد الألكيل 
	الهالوجين 	ثنائي هاليد الألكيل 

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تستعمل المحفزات عادة في عملية هدرجة الألكينات؛ لأن طاقة تنشيط التفاعل عالية جدًّا في حال عدم وجود المحفزات. وتوفر المحفّزات –مثل مسحوق البلاتنيوم أو البالاديوم– سطحًا يعمل على ادمصاص جزيئات المواد المتفاعلة، ويهيئ الفرصة للإلكترونات للارتباط مع ذرات أخرى. وتفاعلات الهدرجة شائعة الاستعمال في تحويل السوائل الدهنية غير المشبعة الموجودة في الزيوت النباتية –مثل فول الصويا والذرة والفول السوداني– إلى دهون مشبعة وصلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ حيث تستعمل الدهون المهدرجة بعد ذلك في تصنيع السمن. وتدخل الألكاينات أيضًا في تفاعلات الهدرجة لإنتاج الألكينات أو الألكانات. ويجب إضافة جزيء واحد من H_2 إلى كل رابطة ثلاثية لتحويل الألكاين إلى ألكين، كما يأتي:

$$R-C\equiv C-H + H_2 \rightarrow R-CH=CH_2$$

ويتحول الألكاين إلى ألكين بعد إضافة الجزيء الأول من H_2، وعند إضافة الجزيء الثاني من H_2 يستمر تفاعل الهدرجة ويتحول الألكين إلى ألكان.

$$R-CH=CH_2 + H_2 \rightarrow R-CH_2-CH_3$$

وتعد إضافة هاليد الهيدروجين إلى الألكين تفاعلات إضافة مهمة، ومفيدة في التفاعلات الصناعية لإنتاج هاليد الألكيل. والمعادلة العامة لهذه التفاعلات هي كما يأتي:

$$R-CH=CH-R' + HX \rightarrow R-CHX-CH_2-R'$$

مختبر تحليل البيانات

* مبنية على بيانات رقمية واقعية

تفسير البيانات

ما الظروف المناسبة لهدرجة زيت الكانولا؟

يتم هدرجة الزيوت النباتية للمحافظة على مذاقها وتغيير خواص الذوبانية لها. ولأن الدلائل تشير إلى أن متشكلات ترانس – للأحماض الدهنية تقترن مع زيادة مخاطر الإصابة بأمراض القلب والسرطان، لذا يفضل توافر الحد الأدنى من هذه الدهون، وتوافر الحد الأقصى لمتشكلات سيس – لحمض الأوليك.

البيانات والملاحظات

يبين الجدول عن اليسار بعض بيانات التجربة.

التفكير الناقد

1. **احسب** النسبة المئوية للناتج في كل محاولة في الجدول.
2. **قوّم** أي المحاولات تعطي أعلى نسبة مئوية من متشكلات سيس – لحمض الأوليك وأقل نسبة من متشكلات ترانس – للأحماض الدهنية؟
3. **فسّر** لماذا يتم استعمال هذه التقنية؟ وهل هي مفيدة في عمليات التصنيع؟

بيانات حول زيت الكانولا

رقم المحاولة	المحاكاة الحاسوبية		التجريبية	
	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)	ترانس أحماض دهنية (wt. %)	سيس حمض الأوليك (wt. %)
1	4.90	69.10	5.80	70.00
2	4.79	63.75	4.61	64.00
3	4.04	68.96	4.61	67.00
4	5.99	62.80	7.1	63.00
5	4.60	68.10	5.38	66.50

تفاعلات الأكسدة والاختزال يمكن تحويل كثير من المركبات العضوية إلى مركبات أخرى عن طريق تفاعلات الأكسدة والاختزال. فعلى سبيل المثال، افترض أنك تريد تحويل الميثان الموجود في الغاز الطبيعي إلى ميثانول، وهو مذيب صناعي عام ومادة أولية لصنع الفورمالدهيد وإسترات الميثيل. ويتم تحويل الميثان إلى ميثانول، كما في المعادلة المبينة في **الجدول 13-2**، بحيث تمثل[O] الأكسجين من مصدر مثل أكسيد النحاس II، أو ثاني كرومات البوتاسيوم، أو حمض الكبريتيك.

ماذا يحدث للميثان عندما يتفاعل؟ من المعروف أن الأكسدة هي عملية فقدان الإلكترونات، وتتأكسد المادة عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. أما الاختزال فهو عملية اكتساب الإلكترونات، وتختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين. لذلك، حدثت أكسدة للميثان لأنه اكتسب الأكسجين وتحول إلى ميثانول. وبالتأكيد يتضمن كل تفاعل أكسدة واختزال عمليتي الأكسدة والاختزال. ويمكن وصف تفاعلات الأكسدة والاختزال في المواد العضوية اعتمادًا على التغير الذي يحدث للمركبات العضوية بعد التفاعل.

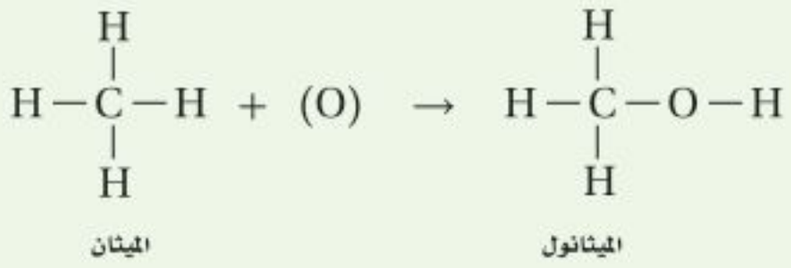
إن أكسدة الميثانول المبين في **الجدول 13-2** يعد الخطوة الأولى من مجموعة خطوات لتحضير الألدهيد، كما في **الجدول 13-2**. وللتوضيح تم حذف العوامل المؤكسدة. ويعد تحضير الألدهيد بهذه الطريقة من المهام الصعبة؛ لأن الأكسدة قد تستمر فيتحول الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي.

ماذا قرأت؟ حدد استعمل **الجدول 13-2** لتحديد ناتجين محتملين عند استمرار أكسدة الألدهيد.

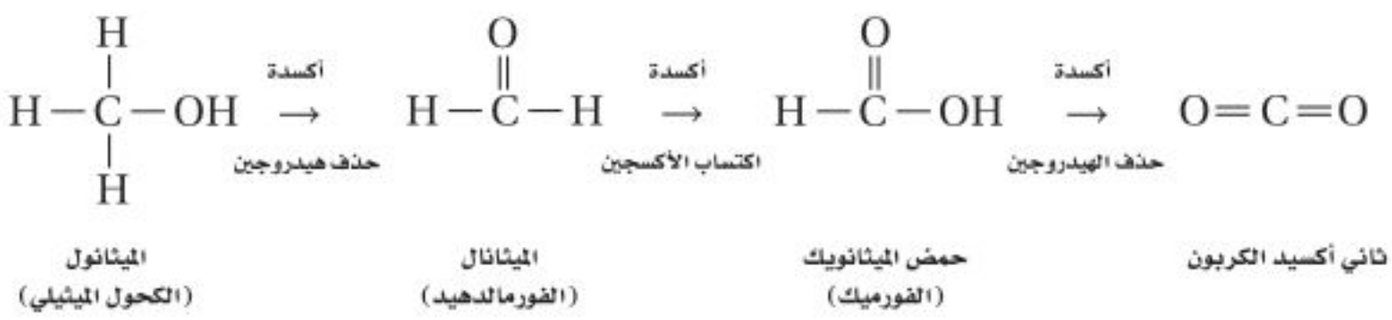
الجدول 13-2

تفاعلات الأكسدة والاختزال

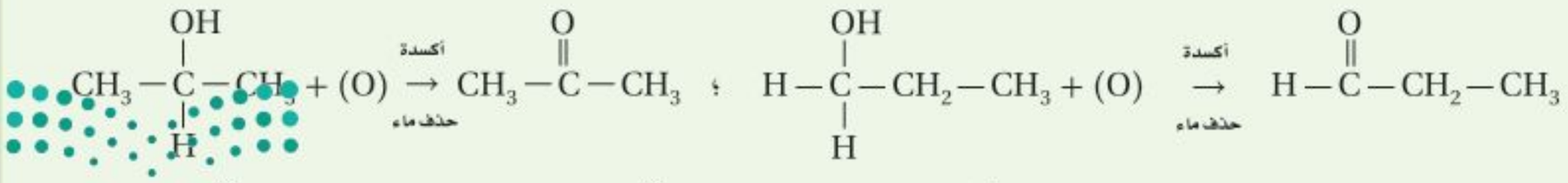
تحويل الألكانات إلى كحولات



الحصول على الألدهيدات والأحماض الكربوكسيلية من الكحولات



الحصول على الكيتونات من الكحولات



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ومع ذلك، لاتتأكســد جميع الكحولات إلى ألدهيدات، ومن ثم إلى أحماض كربوكسيلية. ولفهم السبب، قارن بين أكسدة 1- بروبانول و 2- بروبانول في **الجدول 13-2**. لاحظ أن أكسدة 2 - بروبانول تنتج كيتون، وليس ألدهيد. والكيتون لا يتأكسد بسهولة إلى حمض كربوكسيلي، بينما يتأكسد 1 - بروبانول بسهولة لتكوين حمض البروبانويك، في حين يتكون 2 - بروبانون من أكسدة 2 - بروبانول وهو لا يتفاعل لإنتاج حمض كربوكسيلي.

ماذا قرأت؟ **اكتب** معادلة تكوين حمض البروبانويك مستعملًا صيغًا جزيئية تشبه تلك الموجودة في **الجدول 13-2**.

ما أهمية تفاعلات الأكسدة والاختزال؟ لقد عرفت أن تفاعلات الأكسدة والاختزال لديها القدرة على أن تغيّر مجموعة وظيفية إلى أخرى. وتساعد هذه الخاصية الكيميائيين على استعمال تفاعلات الأكسدة والاختزال، إضافة إلى تفاعلات الاستبدال والإضافة لتحضير مجموعة هائلة ومتنوعة من المنتجات النافعة. وتعتمد أنظمة المخلوقات الحية جميعها على الطاقة الناتجة عن تفاعلات الأكسدة. وتعد تفاعلات الاحتراق من أكثر تفاعلات الأكسدة والاختزال جذبًا للانتباه؛ إذ تحترق المركبات العضوية التي تحتوي على الكربون والهيدروجين في وجود كمية كافية من الأكسجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء. وتوضح المعادلة الآتية احتراق الإيثان الطارد للحرارة.

$$2C_2H\,6(g) + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -3120\ kJ$$

وتعتمد معظم بلدان العالم على احتراق المواد الهيدروكربونية بوصفة المصدر الرئيس للطاقة، كما في **الشكل 15-2**.

توقع نواتج التفاعلات العضوية
Predicting Products of Organic Reactions

يمكن استعمال المعادلات العامة التي تمثل تفاعلات المواد العضوية - الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف لتوقع نواتج التفاعلات العضوية. فعلى سبيل المثال، لو طلب إليك توقع نواتج تفاعل الحذف لتفاعل 1- بيوتانول فأنت تعلم أن تفاعل الحذف الشائع يتضمن حذف الماء من الكحول.

الكيمياء في واقع الحياة

الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

الجزيئات البيولوجية يرمز إلى الهيدروكربونات العطرية المتعددة الحلقات بـ PAHs. وقد تم العثور عليها في النيازك، والمادة المحيطة بالنجوم الميتة. ونتيجة لمحاكاة العلماء للظروف في الفضاء تبين أن حوالي 10% من PAHs يتم تحويلها إلى كحول، وكيتونات، وإسترات. ويمكن استعمال هذه الجزيئات لتكوين المركبات التي تعد ذات أهمية للأنظمة البيولوجية.

الشكل 15-2 يعتمد الناس في جميع أنحاء العالم على أكسدة الهيدروكربونات للوصول إلى العمل ونقل المنتجات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المعادلة العامة لحذف الماء من الكحول هي كما يأتي:

$$R — CH_2 — CH_2 — OH \rightarrow R — CH = CH_2 + H_2O$$

ولتحديد النواتج الفعلية، ارسم أولاً الصيغة البنائية لـ 1- بيوتانول، ثم استعمل المعادلة العامة نموذجًا لمعرفة كيفية تفاعل 1 - بيوتانول. تبين المعادلة العامة أنه تم حذف OH و H من سلسلة الكربون. وأخيرًا ارسم الصيغة البنائية للنواتج ، كما في المعادلة الآتية:

$$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — OH \rightarrow CH_3 — CH_2 — CH = CH_2 + H_2O$$

1 – بيوتانول　　1 – بيوتين

ومثال آخر، افترض أنك تود توقع نواتج التفاعل بين البنتين الحلقي وبروميد الهيدروجين. تذكر أن المعادلة العامة لتفاعلات الإضافة بين الألكينات وهاليدات الألكيل هي:

$$R — CH = CH — R' + HX \rightarrow R — CHX — CH_2 — R'$$

ارسم أولًا الصيغة البنائية للبنتين الحلقي، ثم أضف صيغة بروميد الهيدروجين، ويمكنك من المعادلة العامة ملاحظة مكان إضافة كل من الهيدروجين والبروم على الرابطة الثنائية لتكوين هاليد الألكيل. وأخيرًا ارسم صيغة الناتج. فإذا كان عملك صحيحًا فستحصل على المعادلة الآتية:

بنتين حلقي　　بروميد الهيدروجين　　بروموبنتان حلقي

التقويم 2-4

الخلاصة

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركبات العضوية ضمن واحد من خمسة أنواع: الاستبدال، والتكثف، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال.
- يمكن معرفة المركبات العضوية المتفاعلة من توقع نواتج التفاعل.

17. الفكرة الرئيسة **صنف** كل تفاعل إلى استبدال، أو تكثف، أو إضافة، أو حذف .

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \rightarrow CH_3CH_2—CH_2CH_2CH_3$

b. $CH_3CH_2CH_2\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 \rightarrow CH_3CH_2CH = CHCH_3 + H_2O$

18. حدد نوع التفاعل العضوي الذي يحقق أفضل ناتج لكل عملية تحويل مما يأتي:

a. هاليد ألكيل ⟵ ألكين　　**c.** كحول + حمض كربوكسيلي ⟵ إستر

b. ألكين ⟵ كحول　　**d.** ألكين ⟵ هاليد ألكيل

19. أكمل كل معادلة مما يأتي عن طريق كتابة الصيغة البنائية للنواتج الأكثر احتمالًا:

a. $CH_3CH = CHCH_2CH_3 + H_2 \longrightarrow$

b. $CH_3CH_2\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + OH^- \longrightarrow$

20. توقع النواتج فسّر لماذا يؤدي إضافة الماء إلى 1 – بيوتين إلى تكون نوعين من النواتج، بينما إضافة الماء إلى 2 – بيوتين تكوِّن نوعًا واحدًا من النواتج؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–5

الأهداف

- ترسم العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكوّنة له.
- تصنف تفاعلات البلمرة إلى إضافة أو تكثف.
- تتوقع خواص البوليمر اعتمادًا على التراكيب الجزيئية ووجود المجموعات الوظيفية.

مراجعة المفردات

الكتلة المولية: كتلة مول واحد من المادة.

المفردات الجديدة

البوليمرات

المونومرات

تفاعلات البلمرة

البلمرة بالإضافة

البلمرة بالتكثف

البوليمرات Polymers

الفكرة الرئيسة **البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.**

الربط مع الحياة فكّر كيف تكون حياتك مختلفة دون أكياس الفطائر البلاستيكية، وأكواب البلاستيك، وأقمشة النايلون والبوليستر، والفينيل المستعمل في المباني، ومجموعة أخرى متنوعة من المواد الصناعية؟! تشترك جميع هذه المواد في شيء واحد على الأقل، هو أنها جميعًا مصنوعة من بوليمرات.

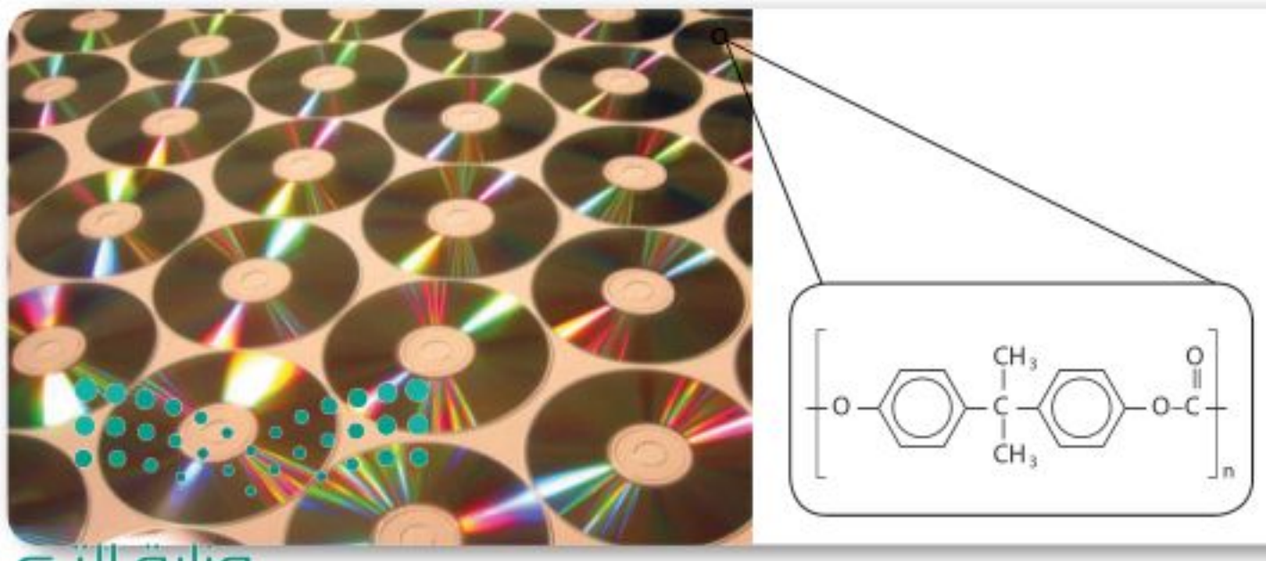
عصر البوليمرات The Age of Polymers

تحتوي الأقراص المضغوطة، كما هو موضح في **الشكل 16–2** على بولي كربونات، وهي مصنوعة من سلسلة جزيئات طويلة جدًّا مع مجموعات من الذرات ذات نمط تكراري منتظم. وهذا الجزيء مثال على البوليمرات الصناعية.

البوليمرات جزيئات كبيرة تتكوّن من العديد من الوحدات البنائية المتكررة. في **الشكل 16–2** يستعمل الرمز n بجانب الوحدة البنائية للبولي كربونات ليشير إلى عدد الوحدات البنائية في سلسلة البوليمر. ولأن قيم n تختلف اختلافًا كبيرًا من بوليمر إلى آخر، نجد أن الكتلة المولية للبوليمرات قد تكون أقل من 10,000 amu وقد تصل القيم إلى أكثر من 1,000,000 amu. فعلى سبيل المثال تحتوي سلسلة من الطلاء غير اللاصق على نحو 400 وحدة بنائية كتلتها المولية تساوي 40,000 amu.

وقديمًا كان استعمال الناس يقتصر على المواد الطبيعية قبل تطوير البوليمرات الصناعية، مثل الحجر والخشب والمعادن والصوف والقطن. وبحلول مطلع القرن العشرين أصبحت بعض البوليمرات الطبيعية المعالجة كيميائيًّا –مثل المطاط والبلاستيك والسيليلويد– متاحة للاستعمال، إلى جانب المواد الطبيعية. ويحضر السيليلويد بمعالجة سليلوز القطن أو الألياف الخشبية مع حمض النيتريك.

وكان أول بوليمر صناعي تم تحضيره عام 1909م قد تميز بالصلادة واللمعان. وهو نوع من البلاستيك يسمى الباكالايت. وبسبب مقاومته للحرارة، لايزال يستعمل إلى اليوم في أجهزة الوقود الكبيرة. ومنذ عام 1909م، طورت مئات البوليمرات الصناعية الأخرى. وبسبب الاستعمال الواسع للبوليمرات، ربط الناس هذا العصر بالبوليمرات.

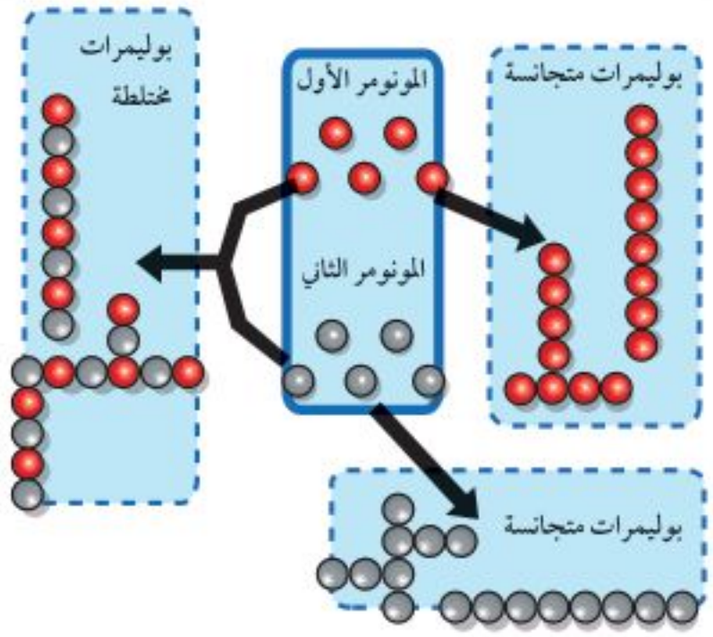


الشكل 16–2 الأقراص المدمجة مصنوعة من البولي كربونات، وتحتوي على سلاسل طويلة من الوحدات البنائية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التفاعلات المستعملة لصناعة البوليمرات
Reactions Used to Make Polymers

يعد تصنيع البوليمرات عملية سهلة نسبيًّا، إذ يمكن تصنيع البوليمرات في خطوة واحدة، تكون فيها المادة المتفاعلة الرئيسة جزيئات عضوية صغيرة بسيطة تسمى مونومرات. و**المونومرات** هي الجزيئات التي يصنع منها البوليمر. فعند صناعة البوليمر ترتبط المونومرات معًا الواحد تلو الآخر في سلسلة من الخطوات السريعة. وغالبًا ما تستعمل المحفّزات ليتم التفاعل بسرعة معقولة. وفي بعض البوليمرات –مثل ألياف البوليستر والنايلون– يرتبط اثنان أو أكثر من المونومرات معًا بتسلسل متناوب. وتسمى التفاعلات التي ترتبط فيها المونومرات معًا **تفاعلات البلمرة**. وتسمى مجموعة الذرات المتكررة الناتجة عن ترابط المونومرات وحدة بناء البوليمر، ويبين **الشكل 17–2** العلاقة بين البوليمرات والمونومرات المكونه له.



الشكل 17–2 العلاقة بين البوليمر والمونومرات المكونة له.

وتتكون وحدة بناء البوليمر من اثنين من المونومرات المختلفة التي لها المكونات نفسها. ويبين **الشكل 18–2** ألعاب الأطفال غير القابلة للكسر التي تصنع من البولي إيثيلين المنخفض الكثافة (LDPE)، والذي يحضر ببلمرة الإيثين تحت ضغطٍ عالٍ. كما يعدالإيثين أيضا مادة أولية لتحضير وإنتاج البولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)، وهو المادة المستعملة في صناعة العبوات البلاستيكية. ويمكن تصنيعه في صورة ألياف تسمى ألياف البوليستر.

الشكل 18–2 البولي إيثيلين مادة غير سامة وغير قابلة للكسر، لذا يدخل هذا البوليمر في صناعة ألعاب الأطفال.

ويبين **الشكل 19–2** الخط الزمني لأحداث بارزة أدت إلى عصر البوليمرات وتسليط الضوء على تطور صناعة البوليمرات. وعلى الرغم من أن أول بوليمر تمت صناعته في العام 1909 م، إلا أن صناعة البوليمرات لم تزدهر إلا بعد الحرب العالمية الثانية.

الشكل 19–2 **عصر البوليمرات** يعمل العلماء لفهم بنية وخواص المركبات العضوية لتطوير المنتجات التي تؤثر في حياة الناس في كل مكان. وقد ساعدت إسهاماتهم في الدخول إلى عصر البوليمرات.

1865م تم تحديد تركيب البنزين الذي أصبح الأساس في إنتاج المركبات الأروماتية.

1909م أول بلاستيك صنع من البوليمرات الصناعية هو الباكالايت وقد تم تطوير صناعته.

1830 — 1860 — 1890

1840م بدأ الأطباء استعمال الإيثر بوصفه مادة مخدرة في العمليات الجراحية.

1879م تم اكتشاف السكرين بطريقة الصدفة في أثناء عمل الكيميائيين في تقطير الفحم.

1899م انتشر الأسبرين على نطاق واسع من قبل الأطباء بوصفه مادة مسكنة للألم، وأصبح أكثر الأدوية بيعًا على مستوى العالم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

$$n\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH} + n\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2 \rightarrow \left[\text{C}(=\text{O})-(\text{CH}_2)_4-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}\right]_n + n\text{H}_2\text{O}$$

حمض الأديبيك — 6،1–ثنائي أمينوهكسان — النايلون 6,6

الشكل 20–2 النايلون بوليمر يتكون من خيوط رفيعة تشبه الحرير.

البلمرة بالإضافة في البلمرة بالإضافة تبقى جميع الذرات الموجودة في المونومر في تركيب البوليمر. وعندما يكون المونومر هو الإيثين، ينتج البولي إيثيلين عن تفاعل بلمرة الإضافة؛ إذ تتكسر الروابط غير المشبعة في تفاعل البلمرة بالإضافة تمامًا كما في تفاعلات الإضافة. والاختلاف الوحيد بينهما هو أن الجزيء الثاني المضاف هو جزيء المادة نفسها، وهي الإيثين. كما يمكنك ملاحظة تشابه بوليمرات الإضافة المبينة في **الجدول 14–2** مع تركيب البولي إيثيلين؛ حيث ترتبط ذرات أو مجموعات من الذرات بالسلسلة لتحل محل ذرات الهيدروجين. وتَنتج هذه البوليمرات جميعها من عملية البلمرة بالإضافة.

تجربة عملية

تفاعلات البلمرة

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

البلمرة بالتكثف تحدث البلمرة بالتكثف عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل تتحد معًا، ويصاحب ذلك خسارة جزيء صغير غالبًا ما يكون الماء. وقد حضّر النايلون أول مرة في عام 1931م، ثم أصبح مادة شعبية؛ لأنه يمتاز بالقوة، ويمكن سحبه على شكل خيوط تشبه الحرير. ونايلون 6,6 هو اسم أحد أنواع النايلون المصنع. ويتكون أحد المونومرات من سلسلة في نهايتها ذرة كربون يرتبط معها مجموعات كربوكسيل، كما هو مبين في **الشكل 20–2**. أما المونومر الآخر فهو سلسلة تحتوي على مجموعات الأمين في كلتا النهايتين. وتخضع هذه المونومرات لبلمرة التكثف؛ حيث تكوّن مجموعات أميد ترتبط مع وحدات فرعية من البوليمر، كما يشير المربع المظلل في **الشكل 20–2**. لاحظ أنه يتم تكوين جزيء واحد من الماء مقابل كل أميد جديد يتكوَّن.

1939–1945م استعمل النايلون خلال الحرب العالمية الثانية في صناعة المظلات والخيام، وكذلك دخل في صناعة الملابس.

1946م تتضمن المنتجات مع الطلاء غير اللاصق (PTFE) الخطافات والتروس وتجهيزات المطبخ، وقد انتشرت بشكل تجاري.

1959م تم إنتاج الألياف اللدنة والألياف المرنة صناعيًا.

1988م تم إصدار أوارق نقدية مصنوعة من البوليمرات لأول مرة في العالم، صادرة عن بنك أستراليا عام 1966م. وقد استعمل جميع الأستراليين هذه العملة البلاستيكية.

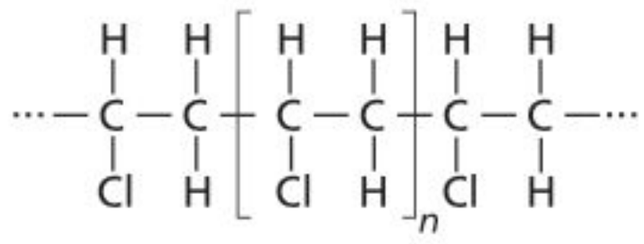
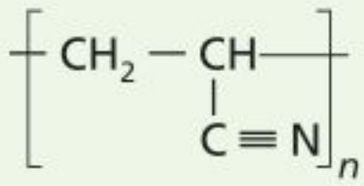
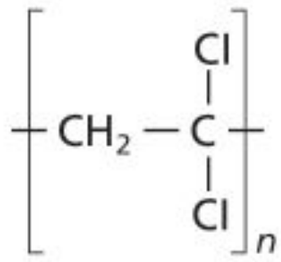
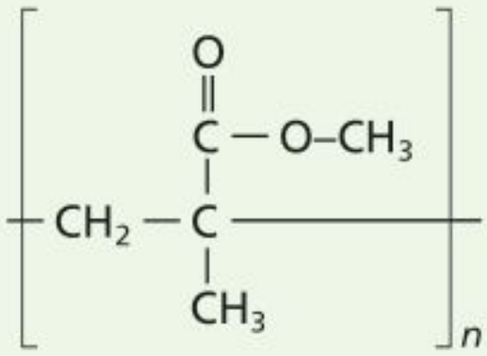
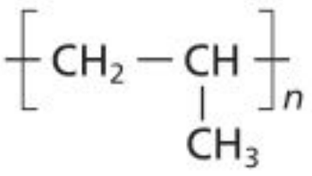
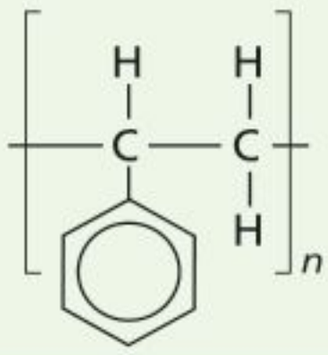
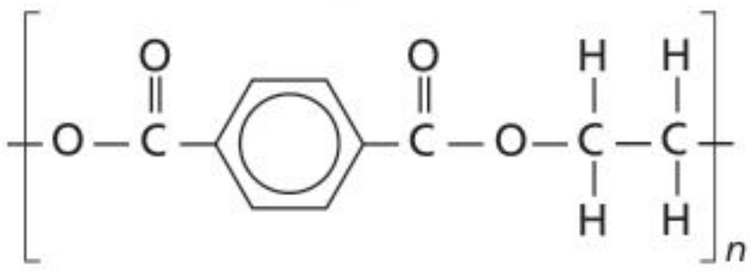
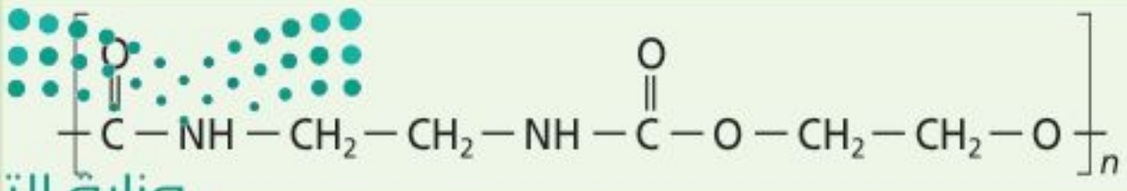
2006م طور الباحثون ورقًا رقيقًا جدًّا يقاوم الإشعاع وهو بوليمر الكريستال – السائل المستعمل في الدوائر الكهربائية، مما جعلها مفيدة في تطبيقات الفضاء.

2010 — 1980 — 1950

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 14-2

البوليمرات الشائعة

البوليمر	الاستعمالات	الوحدة البنائية المتكررة
بولي كلوريد الفينيل (PVC)	أنابيب بلاستيكية، وتغطية اللحوم والمفروشات، وملابس ضد المطر، وجدران المنازل، وخراطيم مياه	
بولي أكريلونيتريل	الأقمشة والملابس والمفروشات والسجاد	
بولي فينيلدين كلوريد	تغليف الطعام والأقمشة	
بولي ميثيل ميثاكريلات	زجاج غير قابل للكسر، للنوافذ، والعدسات والتحف الفنية	
بولي بروبلين (PP)	أوعية للمشروبات، والحبال، وأدوات المطبخ	
بولي ستايرين (PS) وستايرين البلاستيك	رغوة التغليف والعزل، وأوعية للنباتات، وحاوية لحفظ الطعام، وعمل النماذج	
بولي إيثيلين رباعي فثالات (PETE)	زجاجات العصير والحليب، الإطارات، والملابس، وأواني الطعام التي تستعمل مرة واحدة	
بولي يورإيثان	الأثاث، ومخدات الفوم، والطلاء المقاوم للماء، وبعض أجزاء الأحذية	

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

خواص البوليمرات وإعادة تدويرها
Properties and Recycling of Polymers

لماذا نستعمل العديد من البوليمرات المختلفة هذه الأيام؟ أحد الأسباب يعود إلى سهولة تحضيرها، كما أن المواد الأولية المستعملة في تحضيرها غير مكلفة. ولكنْ هناك أسباب أخرى أكثر أهمية تتعلق بخواص البوليمرات نفسها؛ حيث يمكن سحب بعضها في صورة ألياف أنعم من الحرير، والبعض الآخر قوي كالفولاذ. كما أن البوليمرات غير قابلة للصدأ، والعديد منها أكثر تحملًا من المواد الطبيعية، ومن ذلك الخشب البلاستيكي الذي يظهر في **الشكل 21-2**؛ فهو غير قابل للتآكل، ولا يحتاج إلى إعادة طلاء.

خواص البوليمرات ومن أسباب زيادة الطلب على البوليمرات وانتشارها الواسع سهولة تشكيلها بأشكال مختلفة، أو سحبها على شكل ألياف رقيقة. علماً بأنه ليس من السهل القيام بذلك مع المعادن أو المواد الطبيعية الأخرى؛ لأنه يجب تسخينها إلى درجات حرارة مرتفعة، بحيث لا تنصهر عندها، وتصبح ضعيفة؛ حتى تستعمل في تصنيع أدوات صغيرة ورقيقة.

و كما هو الحال مع المواد جميعها، فإن للبوليمرات خواص تعود مباشرة إلى تركيبها الجزيئي. فبولي إيثيلين مثلًا عبارة عن سلسلة طويلة من الألكان. لذلك، فملمسه شمعي، ولا يذوب في الماء، وغير نشط كيميائيًّا، ورديء التوصيل للكهرباء. وقد جعلته هذه الخواص مثاليًّا لاستعماله في أوعية حفظ الطعام، وتغليف أسلاك الكهرباء.

مهن في الكيمياء

كيميائيو البوليمرات هل تبدو لك فكرة تطوير وتحسين البوليمرات فكرة جديدة وملهمة وتشكل تحديًا؟ يطور كيميائيو البوليمرات أنواعًا جديدة، كما يطورون استعمالات أو عمليات تصنيع جديدة للطرائق القديمة.

الدكتور سعيد بن محمد الزهراني، مخترع وعالم سعودي، حاصل على عدة جوائز وهي: جائزة إقليمية، وجائزة عالمية. كما حصل على براءة اختراع بعنوان «حفازات جديدة لإنتاج الألوفينات عن طريق الأكسدة النازعة للأكسجين وطرق تحضيرها واستخدامها». ويشرف على كرسي سابك **للبوليمرات** بالجامعة.

المفردات

أصل الكلمة

البلاستيك الحراري (Thermoplastic)
جاءت كلمة (ثرمو) من الكلمة اليونانية therme التي تعني الحرارة،
وجاءت كلمة بلاستيك من الكلمة اليونانية plastikos وتعني قالبًا أو نموذجًا، أو يتكون

الشكل 21-2 يصنع الخشب البلاستيكي من البلاستيك المعاد تدويره، مثل زجاجات العصير، والحليب، وغيرها من نفايات البولي إيثيلين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 22–2 تساعد الرموز الموجودة على المواد البلاستيكية على إعادة تدويرها لأنها تحدد مكوناتها.

تدوير البوليمرات تشتق المواد الأولية المستعملة في تصنيع معظم البوليمرات من الوقود الأحفوري. ولأن الوقود الأحفوري مهدد بالنفاد فقد أصبحت عملية تدوير البلاستيك أكثر أهمية. فإعادة التدوير وشراء السلع المصنوعة من البلاستيك المعاد تدويره تقلل من حجم استعمال الوقود الأحفوري، وبذلك نحافظ على هذا النوع من الوقود.

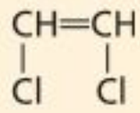
وتعد عملية إعادة تدوير هذه المواد صعبة إلى حد ما؛ نظرًا إلى العدد الكبير من البوليمرات المختلفة الموجودة في هذه المنتجات. ولذلك لا بد من فرز المواد البلاستيكية وفقًا لمكونات البوليمر قبل إعادة استعمالها. وقد تكون عملية فرز المواد البلاستيكية طويلة ومكلفة، ولذلك يتم تحسين عملية صناعة البلاستيك من خلال تقديم رموز موحدة تشير إلى مكونات جميع المنتجات البلاستيكية. ولهذا فإن وجود رموز موحدة لصناعة البلاستيك، كما في **الشكل 22–2**، يوفر الوسائل السريعة لإعادة تدوير وفرز المواد البلاستيكية.

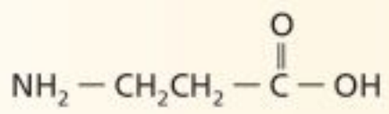
التقويم 2-5

الخلاصة

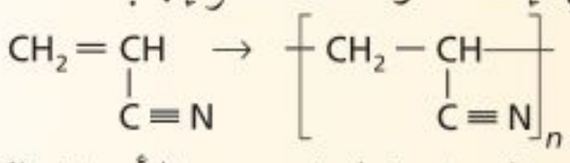
- البوليمرات جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تدعى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

21. الفكرة الرئيسة **ارسم** الصيغة البنائية للبوليمر الذي ينتج عن المونومرات الآتية في حالتي: a. الإضافة، و b. التكثف.

a.


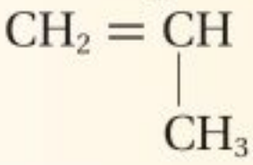
b.


22. سمّ تفاعل البلمرة الآتي: إضافة أو تكثفًا. فسِّر إجابتك.



23. حدّد تعوّض البوليمرات الصناعية في كثير من الأحيان الكثير من المواد الطبيعية، مثل الحجر، والخشب والمعادن، والصوف، والقطن، في العديد من التطبيقات. حدد بعض مزايا وعيوب استعمال المواد الصناعية بدلاً من المواد الطبيعية.

24. توقّع الخواص الفيزيائية للبوليمر الذي يصنع من المونومر الآتي، متناولاً بعض خصائصه مثل: الذوبان في الماء، والتوصيل الكهربائي، والملمس، والنشاط الكيميائي.



الكيمياء في الحياة اليومية

الثوم Garlic

هل تعلم أن طعم كل من الثوم الطازج والمطبوخ مختلفة جدًّا؟ فالثوم الطازج، كما هو مبين في **الشكل 1**، يحتوي على مواد تسبب إحساسًا حارقًا في الفم. ومع ذلك لا يسبب الثوم المطبوخ هذا الإحساس. ويعود السبب إلى التفاعلات الكيميائية. فعندما يُدَق الثوم الطازج أو يقطع أو يسحق فإنه ينتج مادة كيميائية تسمى الأليسين، كما في **الشكل 2**. ويعد إنتاج الأليسين آلية دفاع كيميائية يقوم بها نبات الثوم ضد غيره من المخلوقات الحية الأخرى. والأليسين مركب غير مستقر ويتحول إلى مركبات أخرى مع مرور الوقت، أو عند التسخين أو الطبخ، وهو ما يفسر لماذا لا يسبب الثوم المطبوخ إحساسًا حارقًا في الفم. وقد نهى الرسول عليه الصلاة والسلام آكل الثوم عن حضور صلاة الجماعة في المسجد لأن رائحة الثوم مؤذية.

الشكل 1 يحتوي الثوم الطازج على مادة كيميائية تسبب الألم كوسيلة دفاع ضد الأعداء.

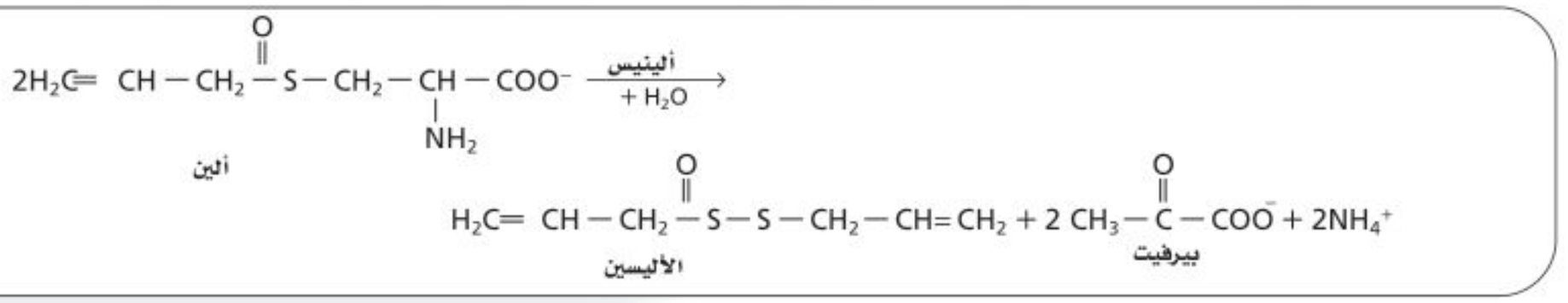
الإحساس بالألم والحرارة Sensing temperature and pain

يتم الإحساس بدرجة الحرارة والألم عن طريق الخلايا العصبية الموجودة في الجلد، بما في ذلك الجلد الموجود داخل فمك. وتحتوي هذه الخلايا العصبية على جزيئات تكشف عن درجة حرارة سطحها، والتي تسمى قنوات الاستقبال الناقلة (TRP) للأيون. وتتأثر قنوات الاستقبال (TRP) المختلفة باختلاف مدى درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، عندما يلمس شخص شيئًا ساخنًا، تتنبّه بعض قنوات الاستقبال (TRP) وتسمح لأيونات الكالسيوم المشحونة بالدخول إلى الخلايا العصبية. وهذا يؤدي إلى زيادة الشحنات في الخلايا العصبية. وعند زيادة الشحنات إلى حد كاف يتم إرسال إشارات كهربائية إلى الدماغ؛ حيث يتم تفسيرها على أنها إحساس بالسخونة.

وينشط الأليسين أيضاً الخلايا العصبية. وعلى ما يبدو فإن الأليسين فعال على زوج من بروتينات القناة الأيونية تسمى TRPA1 وTRPV1. وعندما توجد مادة الأليسين الكيميائية، تسمح هذه القنوات بدخول الأيونات إلى الخلية العصبية. ويؤدي إضافة الشحنات الكهربائية للخلية العصبية إلى إرسال إشارات للدماغ عن مواقع الإشارات، ويعمل الدماغ على تفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

استكشاف مستقبلات الألم Probing pain receptors

مع أنه من المثير للاهتمام أن نعرف لماذا يسبب تذوق الثوم الخام الألم إلا أن فهم كيفية قيام الأليسين بالتسبب في الإحساس بالألم هو أكثر أهمية وإثارة. ويأمل الباحثون أن تؤدي زيادة فهم كيفية عمل هذه المستقبلات إلى طرائق جديدة للسيطرة على الألم المزمن لدى المرضى.



الشكل 2 عند تقطيع الثوم أو سحقه يقوم الألين مع وجود إنزيم الأليناز بإنتاج الأليسين. وعند تذوق طعم الثوم الطازج فإن جزءًا من الخلايا العصبية في فمك يرسل إشارة كهربائية إلى الدماغ الذي يقوم بتفسيرها على اعتبار أنها إحساس حارق.

الكتابة في الكيمياء

ابحث وقم بإعداد ملصق أو بوستر يوضح تفاعلات كيميائية أخرى في النباتات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

خواص الكحولات

الخلفية النظرية الكحولات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة OH– الوظيفية. ويشير الاختلاف في سرعة تبخر الكحول إلى قوى الترابط بين جزيئات الكحول. فتبخر السوائل عملية ماصّة للطاقة، حيث يتم امتصاص الطاقة من البيئة المحيطة بالمادة. وهذا يعني أن درجة الحرارة ستنخفض عند حدوث التبخر.

السؤال كيف تختلف قوى الترابط في ثلاثة أنواع من الكحولات؟

المواد والأدوات اللازمة

ثرمومتر غير زئبقي.
ساعة إيقاف.
مناديل ورقية ناعمة.
منشفة قماش.
ماصة (عدد 5).
ميثانول
إيثانول(95%).
2– بروبانول (99%).
سلك ربط أو مطاطة.
قطعة من الورق المقوى لاستعمالها كمروحة.

إجراءات السلامة

تحذير: الكحولات مادة قابلة للاشتعال. احفظ السوائل والأبخرة بعيدًا عن مصادر اللهب والشرر.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج قواعد السلامة في المختبر.
2. ارسم جدولًا لتسجيل البيانات.
3. اقطع خمس قطع بقياس 2cm×6cm من المناديل الورقية الناعمة.
4. ضع الثرمومتر على منشفة مطوية على سطح طاولة مستوية بحيث يكون مستودع الثرمومتر على الحافة ويمتد الثرمومتر نفسه خارج الطاولة. تأكد أن الثرمومتر لن يسقط عن الطاولة.
5. لف قطعة من المناديل الورقية الناعمة حول مستودع الثرمومتر. ثبت القطعة بسلك الربط فوق مستودع الثرمومتر.
6. اطلب إلى شخص واحد ضبط ساعة الإيقاف وقراءة حرارة الثرمومتر، على أن يقوم شخص آخر بوضع كميات قليلة من الماء باستعمال الماصة ليتم اختبارها.
7. وعندما يصبح الشخصان جاهزين تضاف كمية كافية من الماء على القطعة الناعمة حتى تصبح مشبعة. وفي الوقت نفسه يقوم الشخص الآخر بتشغيل ساعة الإيقاف، وقراءة درجة الحرارة، وتسجيلها في جدول البيانات.
8. حرك الهواء حول قطعة المناديل الناعمة التي تغلف مستودع الثرمومتر مستعملًا قطعة من الكرتون المقوى. بعد مرور دقيقة واحدة اقرأ وسجل درجة الحرارة النهائية في جدول البيانات. تخلص من قطعة المناديل وجفف مستودع الثرمومتر.
9. أعد الخطوات من 5 وحتى 8 لكل من الكحولات الثلاثة: الميثانول، والإيثانول، و2– بروبانول.
10. احصل على درجة حرارة الغرفة والرطوبة من معلمك.
11. **التنظيف والتخلص من النفايات** ضع المناديل الورقية المستعملة في سلة المهملات، كما يمكن إعادة غسل واستعمال الماصات مرة أخرى.

التحليل والاستنتاج

1. **الملاحظة والاستنتاج** ماذا يمكنك أن تستنتج حول العلاقة بين انتقال الحرارة والتغيرات في درجات الحرارة التي قمت بملاحظتها؟
2. **التقويم** المحتوى الحراري المولي للتبخر (kJ /mol) لأنواع الكحولات الثلاثة عند درجة حرارة 25 °C هي كالآتي: ميثانول 37.4، إيثانول 42.3، 2– بروبانول 45.4، ما الذي يمكن أن تستنتجه حول قوى الترابط الموجودة في الكحولات الثلاثة؟
3. **قارن** اعمل مقارنة عامة بين الحجم الجزيئي للكحول من حيث عدد ذرات الكربون في السلسلة وسرعة تبخره.
4. **الملاحظة والاستنتاج** استنتج لماذا توجد اختلافات بين البيانات التي حصلت عليها وبيانات الطلبة الآخرين.
5. **تحليل الخطأ** حدد مصادر الأخطاء التي قد تظهر في الإجراءات التي قمت بها.

الاستقصاء

تصميم تجربة اقترح طريقة لجعل هذه التجربة أكثر دقة وضبطًا من الناحية الكمية. صمّم تجربة مستعملًا طريقتك الجديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يؤدي استبدال ذرات الهيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعات وظيفية مختلفة إلى تكوين مركبات عضوية متنوعة.

2-1 هاليدات الألكيل وهاليدات الأريل

الفكرة الرئيسة يمكن أن تحل ذرة الهالوجين محل ذرة الهيدروجين في بعض المركبات الهيدروكربونية.

المفردات

- المجموعة الوظيفية
- هاليدات الألكيل
- هاليدات الأريل
- البلاستيك
- تفاعلات الاستبدال
- الهلجنة

المفاهيم الرئيسة

- يؤدي استبدال ذرة هيدروجين في الهيدروكربونات بالمجموعات الوظيفية إلى تكوين مجموعة واسعة من المركبات العضوية.
- هاليد الألكيل هو مركب عضوي يحتوي على واحد أو أكثر من ذرات الهالوجين المرتبطة بذرة كربون في مركب أليفاتي.

2-2 الكحولات والإيثرات والأمينات

الفكرة الرئيسة الأكسجين والنيتروجين من أكثر الذرات شيوعًا في المجموعات الوظيفية العضوية.

المفردات

- مجموعة الهيدروكسيل
- الكحولات
- الإيثرات
- الأمينات

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الكحولات، والإيثرات، والأمينات عندما تستبدل ذرة هيدروجين في المركبات الهيدروكربونية بمجموعة وظيفية معينة.
- لأن الكحولات تكون روابط هيدروجينية بسهولة تكون درجة غليانها كبيرة وتذوب بسهولة في الماء مقارنة بالمركبات الأخرى.

2-3 مركبات الكربونيل

الفكرة الرئيسة تحتوي مركبات الكربونيل على ذرة أكسجين ترتبط برابطة ثنائية مع الكربون في المجموعة الوظيفية.

المفردات

- مجموعة الكربونيل
- الألدهيدات
- الكيتونات
- الأحماض الكربوكسيلية
- مجموعة الكربوكسيل
- الإسترات
- الأميدات
- تفاعلات التكثف

المفاهيم الرئيسة

- مركبات الكربونيل مركبات عضوية تحتوي على مجموعة C=O.
- تحتوي خمسة أنواع مهمة من المركبات العضوية على مركبات الكربونيل هي: الألدهيدات، والكيتونات، والأحماض الكربوكسيلية، والإسترات، والأميدات.

2-4 تفاعلات أخرى للمركبات العضوية

الفكرة الرئيسة تصنيف التفاعلات الكيميائية للمركبات العضوية يجعل توقع نواتج هذه التفاعلات أسهل.

المفردات

- تفاعلات الحذف
- تفاعلات حذف الهيدروجين
- تفاعلات حذف الماء
- تفاعلات الإضافة
- تفاعلات إضافة الماء
- تفاعلات الهدرجة

المفاهيم الرئيسة

- يمكن تصنيف معظم تفاعلات المركبات العضوية ضمن أحد خمسة أنواع، هي: الاستبدال، والحذف، والإضافة، والأكسدة والاختزال، والتكثف.
- تمكّن معرفة المركبات العضوية المتفاعلة من توقع نواتج التفاعل.

2-5 البوليمرات

الفكرة الرئيسة البوليمرات الصناعية مركبات عضوية كبيرة تتكون من تكرار وحدات مرتبطة معًا عن طريق تفاعلات الإضافة أو التكثف.

المفردات

- البوليمرات
- المونومرات
- تفاعلات البلمرة
- البلمرة بالإضافة
- البلمرة بالتكثف

المفاهيم الرئيسة

- البوليمرات مركبات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات صغيرة تسمى المونومرات.
- تحضر البوليمرات من خلال تفاعلات الإضافة أو التكثف.
- يمكن استعمال المجموعات الوظيفية في البوليمرات لتوقع خواص البوليمر.

2-1

إتقان المفاهيم

25. ما المجموعة الوظيفية؟

26. صف وقارن الصيغ البنائية لهاليدات الألكيل وهاليدات الأريل.

27. ما المواد المتفاعلة التي ستستعملها لتحويل الميثان إلى بروموميثان؟

28. سمّ الأمينات التي تمثلها الصيغ الآتية:

a. $CH_3(CH_2)_3CH_2NH_2$

b. $CH_3(CH_2)_5CH_2NH_2$

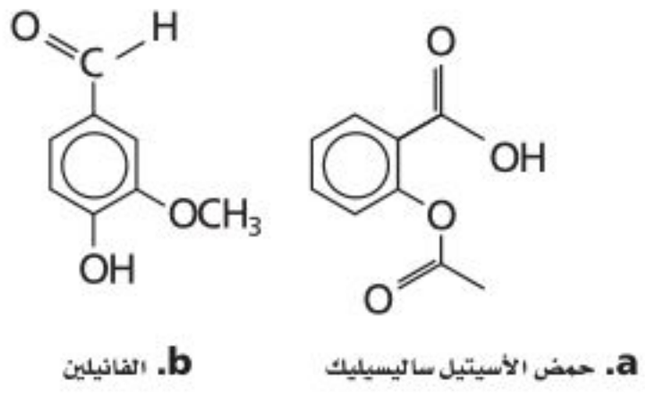
c. $CH_3(CH_2)_2CH(NH_2)CH_3$

d. $CH_3(CH_2)_8CH_2NH_2$

29. فسر لماذا تزداد درجات غليان هاليدات الألكيل بالتدريج عند الاتجاه إلى أسفل في مجموعة الهالوجينات في الجدول الدوري؟

إتقان حل المسائل

30. ضع دائرة حول المجموعات الوظيفية في الصيغ البنائية المبينة في **الشكل 23-2**، ثم اذكر اسم كل منها.



a. حمض الأسيتيل ساليسيليك **b.** الفانيلين

الشكل 23-2

31. ارسم الصيغة البنائية لهاليدات الألكيل أو الأريل الآتية:

a. كلوروبنزين

b. 1- برومو- 4 - كلوروهكسان

c. 2،1 - ثنائي فلورو- 3 - أيودو هكسان حلقي

d. 3،1 - ثنائي بروموبنزين

e. 2،2،1،1- رباعي فلورو إيثان

32. ارسم الصيغة البنائية للمركب: 1- برومو -2- كلوروبروبان.

33. ارسم المتشكلات البنائية المحتملة جميعها لهاليد الألكيل ذي الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}Br_2$، ثم سمّ كلًّا منها.

34. سمِّ متشكلًا بنائيًّا واحدًا محتملًا عند تغيير موقع واحدة أو أكثر من ذرات الهالوجين لكل من هاليدات الألكيل الآتية:

a. 2- كلورو بنتان

b. 1،1- ثنائي فلورو بروبان

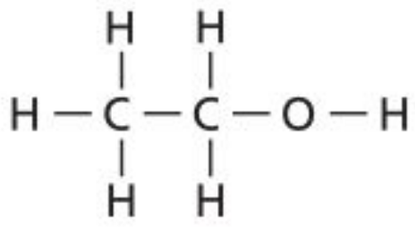
c. 3،1- ثنائي بروموبنتان حلقي

d. 1- برومو-2- كلوروإيثان

2-2

إتقان المفاهيم

35. ما اسم المركب المبين في **الشكل 24-2**؟ كيف يمكن تغيير الخواص الطبيعية له؟



الشكل 24-2

تقويم الفصل 2

36. تطبيقات عملية سـمّ كحولًا، أو أمينًـا، أو إيثرًا واحدًا، يستعمل لكل غرض من الأغراض الآتية:

a. مادة مطهرة
b. مذيب للطلاء
c. مانع للتجمد
d. مخدر
e. إنتاج الأصباغ

37. فسّر لماذا تكون ذوبانية جزيء الكحول في الماء أكثر من ذوبانية جزيء الإيثر رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان؟

38. فسّر لماذا تكون درجة غليان الإيثانول أعلى كثيرًا من الأمينو إيثان رغم أن الكتلتين الموليتين لهما متساويتان تقريبًا؟

إتقان حل المسائل

39. سـمّ إيثرًا واحدًا له الصيغة البنائية لكل من الكحولين الآتيين:

a. 1- بيوتانول
b. 2- هكسانول

40. ارسم الصيغة البنائية لكل من الكحولات، والأمينات، والإيثرات الآتية:

a. 2،1 - بيوتادايول
b. 2- أمينوهكسان
c. ثنائي أيزوبروبيل إيثر
d. 2- ميثيل -1- بيوتانول
e. بيوتيل بنتيل إيثر
f. بيوتيل حلقي ميثيل إيثر
g. 3،1- ثنائي أمينو بيوتان
h. بنتانول حلقي

2-3

إتقان المفاهيم

41. ارسم الصيغة العامة لكل نوع من أنواع المركبات العضوية الآتية:

a. ألدهيد
b. إستر
c. كيتون
d. أميد
e. حمض كربوكسيلي

42. استعمالات شائعة سم الألدهيد، أو الكيتون، أو الحمض الكربوكسيلي، أو الإستر، أو الأميد المستعمل لكلٍّ من الأغراض الآتية:

a. حفظ العينات البيولوجية
b. مذيب لتلميع الأظافر
c. حمض في الخل
d. نكهة في الأطعمة والمشروبات

43. ما نوع التفاعل المستعمل لإنتاج الأسبرين من حمض السلسيليك وحمض الأسيتيك؟

إتقان حل المسائل

44. ارسم الصيغ البنائية لمركبات الكربونيل الآتية:

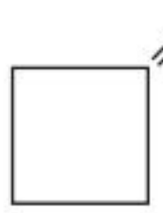
a. 2،2- ثنائي كلورو- 3- بنتانون
b. 4- ميثيل بنتانال
c. هكسانوات الأيزوبروبيل
d. أوكتانوأميد
e. 3- فلورو- 2- ميثيل حمض البيوتانويك
f. بنتانال حلقي
g. ميثانوات الهكسيل

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

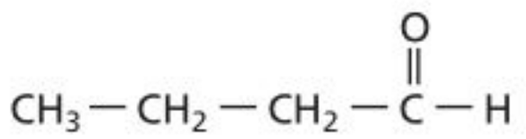
تقويم الفصل 2

45. سمّ مركبات الكربونيل الآتية:

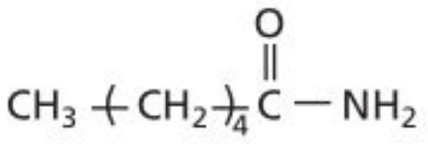
a.



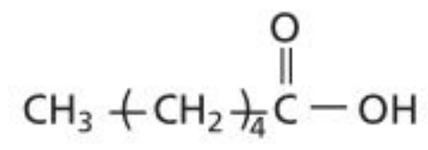
b.



c.



d.



2-4

إتقان المفاهيم

46. **تحضير المركبات العضوية** ما المواد الأولية اللازمة لتحضير معظم المركبات العضوية الصناعية؟

47. فسّر أهمية تصنيف التفاعلات الكيميائية؟

48. اكتب اسم التفاعل العضوي اللازم لإجراء التغييرات الآتية:

a. ألكين ⟵ ألكان

b. هاليد الألكيل ⟵ كحول

c. هاليد الألكيل ⟵ ألكين

d. أمين+ حمض كربوكسيلي ⟵ أميد

e. كحول ⟵ هاليد الألكيل

f. ألكين ⟵ كحول

إتقان حل المسائل

49. صنف كلًّا من التفاعلات العضوية الآتية إلى: استبدال، أو إضافة، أو أكسدة واختزال، أو حذف، أو تكثف.

a. 2- بيوتين+ هيدروجين ⟵ بيوتان

b. بروبان+ فلور ⟵ 2- فلوروبروبان+ فلوريد الهيدروجين.

c. 2- بروبانول ⟵ بروبين + ماء

d. بيوتين حلقي + ماء ⟵ بيوتانول حلقي

50. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلات التفاعلات الآتية:

a. تفاعل الاستبدال بين 2- كلوروبروبان والماء لتكوين 2- بروبانول وكلوريد الهيدروجين.

b. تفاعل الإضافة بين 3- هكسين والكلور لتكوين 4،3 – ثنائي كلوروهكسان.

51. ما نوع التفاعل الذي يعمل على تحويل الكحول إلى كل نوع من المركبات الآتية:

a. إستر

b. ألكين

c. هاليد الألكيل

d. ألدهيد

52. استعمل الصيغ البنائية لكتابة معادلة تفاعل التكثف بين الإيثانول وحمض البروبانويك.

2-5

إتقان المفاهيم

53. اشرح الفرق بين عمليتي البلمرة بالإضافة والبلمرة بالتكثف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

إتقان حل المسائل

54. تصنيع البوليمر ما المونومرات التي يلزم أن تتفاعل لإنتاج كل من البوليمرات الآتية؟

a. بولي إيثيلين

b. بولي ايثيلين تيرافثاليت

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

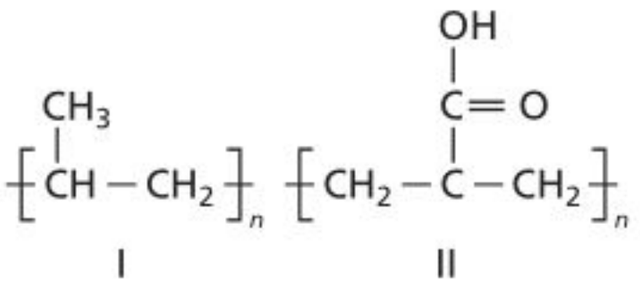
55. سم البوليمرات الناتجة عن المونومرات الآتية:

a. CH_3Cl

b. $CH_2=CCl_2$

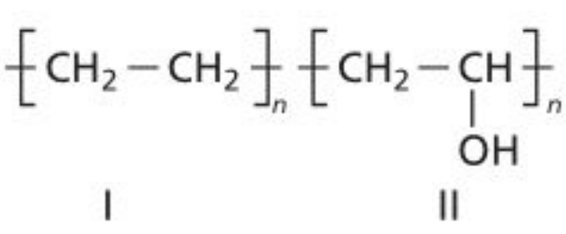
56. اختر البوليمر في كل من الأزواج الآتية، الذي تتوقع أن تكون ذوبانيته أكبر في الماء.

a.



I II

b.



I II

57. ادرس الصيغ البنائية للبوليمرات الواردة في **الجدول 14-2**، ثم قرر هل تنتج هذه البوليمرات عن عملية بلمرة الإضافة أو بلمرة التكثف.

a. النايلون

b. بولي أكريلونيتريل

c. بولي يورإيثان

d. بولي بروبلين

58. الهرمونات البشرية أي الهالوجينات يوجد في الهرمونات التي تنتجها الغدة الدرقية الطبيعية في الإنسان؟

مراجعة عامة

59. صف خواص الأحماض الكربوكسيلية.

60. ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية:

a. 2- بيوتانون

b. بروبانال

c. حمض الهكسانويك

d. أميد هبتان

61. سم نوع المركب العضوي الناتج عن التفاعلات الآتية:

a. الحذف في الكحول

b. إضافة كلوريد الهيدروجين إلى الألكين

c. إضافة الماء إلى الألكين

d. استبدال مجموعة الهيدروكسيل مكان ذرة الهالوجين.

62. اكتب استعمالين لكلٍّ من البوليمرات الآتية:

a. بولي بروبيلين

b. بولي يور إيثان

c. بولي رباعي فلوروإيثيلين

d. بولي فينيل كلوريد

63. ارسم الصيغة البنائية للمركبات العضوية الناتجة عن تفاعل الإيثين مع كل من المواد الآتية، واكتب أسماءها.

a. الماء

b. هيدروجين

c. كلوريد الهيدروجين

d. الفلور

التفكير الناقد

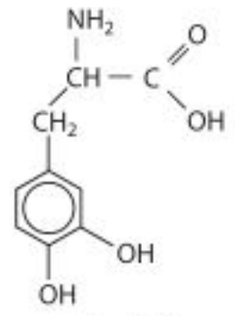
64. التقويم ذوبانية حمض الإيثانويك (حمض الأسيتيك) عالية في الماء، وأحيانا الأحماض الكربوكسيلية التي تكون في الحالة الطبيعية على شكل سلسلة طويلة، مثل حمض البالمتيك ($CH_3(CH_2)_{14}COOH$) غير ذائبة في الماء. فسّر ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

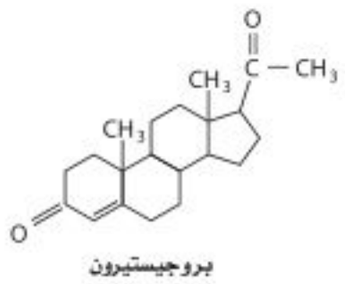
65. تفسير الرسوم العلمية اعمل قائمة بجميع المجموعات الوظيفية الظاهرة في المركبات العضوية الآتية:

a.



ليفادوبا

b.

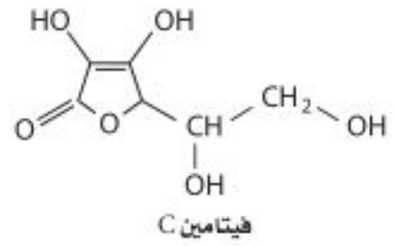


بروجيستيرون

66. التواصل اكتب الصيغة البنائية لكل المتشكلات البنائية ذات الصيغ الجزيئية الآتية، ثم اذكر اسم كل متشكل.

a. C_3H_8O **b.** $C_2H_4Cl_2$

67. تفسير الرسوم العلمية تحتاج الخلايا الحية في الإنسان إلى فيتامين C لتصنيع المواد التي تكون النسيج الضام مثل تلك الموجودة في الأربطة. اكتب أسماء المجموعات الوظيفية الموجودة في جزيء فيتامين C المبين في **الشكل 25-2**.



فيتامين C

الشكل 25-2

68. حدد ارسم الصيغة البنائية لمركب عضوي مكون من أربع ذرات كربون وينتمي إلى كل نوع من أنواع المركبات الآتية:

a. الإسترات **b.** الألدهيدات
c. الإيثرات **d.** الكحولات

69. التوقع يصف تفاعل الهلجنة الأحادي تفاعل استبدال ذرة هيدروجين واحدة بذرة هالوجين. بينما يصف تفاعل الهلجنة الثنائي تفاعل استبدال ذرتي هيدروجين بذرتي هالوجين.

a. ارسم جميع الصيغ البنائية الممكنة للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الأحادي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2.

b. ارسم الصيغ البنائية الممكنة جميعها للمواد الناتجة عن تفاعل الهلجنة الثنائي الذي يتضمن تفاعل البنتان مع Cl_2.

الجدول 15-2 ذوبانية الكحول في الماء
$(mol/100g\ H_2O)$

اسم الكحول	صيغة الكحول	الذوبانية
ميثانول	CH_3OH	غير محدد
إيثانول	C_2H_5OH	غير محدد
بروبانول	C_3H_7OH	غير محدد
بيوتانول	C_4H_9OH	0.11
بنتانول	$C_5H_{11}OH$	0.030
هكسانول	$C_6H_{13}OH$	0.058
هبتانول	$C_7H_{15}OH$	0.0008

70. تقويم ادرس **الجدول 15-2** من حيث ذوبانية بعض أنواع الكحولات في الماء. استعمل هذا الجدول للإجابة عن الأسئلة الآتية:

a. ما نوع الرابطة المتكونة بين مجموعة OH- في الكحول والماء؟

b. مستعملًا البيانات في الجدول، جد العلاقة بين ذوبانية الكحول في الماء وحجم الكحول.

c. قدّم تفسيرًا للعلاقة التي توصلت إليها في الجزء b.

مراجعة تراكمية

71. ما الخطوة المحددة للتفاعل؟

72. اعتمادًا على مبدأ لوتشاتلييه، كيف تؤثر زيادة حجم وعاء التفاعل على الاتزان الآتي؟

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

73. قارن بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

تقويم إضافي

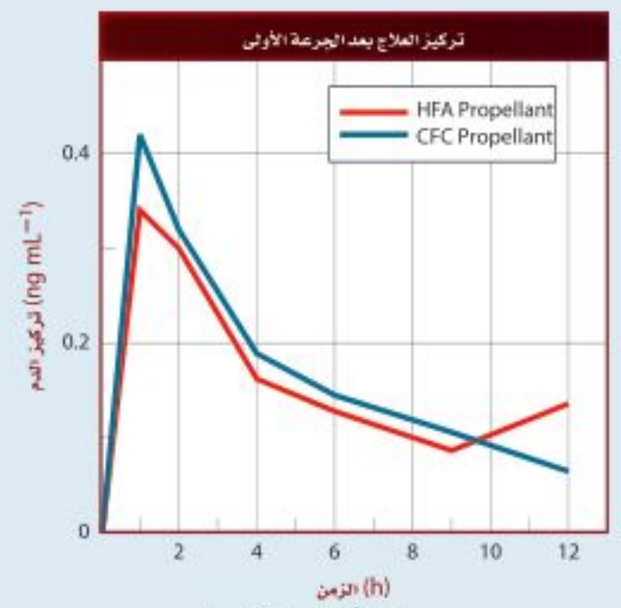
الكتابة في الكيمياء

74. نظرة تاريخيــة اكتب قصة قصيرة حــول حياتك لو كنت تعيش في القــرن الثامن عــشر قبل تطويــر البوليمرات الصناعية.

أسئلة المستندات

مواد الصيدلية تحتوي العديد من الأدوية المستعملة لعلاج الربو على مركبات الكلوروفلوروكربون. ومع ذلك نادى بروتوكول مونتريال بفرض حظر على استعمال هذه المركبات عام 2008م واستعمال مركبات الهيدرو فلوروألكان بدلاً منها. وقد وجد أن اثنين من مركبات الهيدرو فلوروألكان (HFAs) غير فعّالة في توصيل أدوية الربو إلى الرئتين، كما يلزم خفض جرعة الدواء إلى النصف عند استعمال الهيدرو فلوروألكان.

يبين **الشكل 26-2** تركيز العلاج بعد استعمال بخة واحدة من مركب بيكلوميثازون باستعمال بخاخات CFC وأخرى باستعمال بخاخات HFA.



الشكل 26-2

75. بعد اســتعمال جرعة واحــدة من عــلاج بيكلوميثازون beclomethasone، أي البخاخــات أدت إلى تركيــز أعلى للعلاج في الدم: HFA أو CFC؟

76. متى يصل تركيز العلاج إلى الذروة؟

77. نحتاج إلى نصف الكمية من العلاج عند استعمال مركبات HFA بالمقارنة بمركبات CFC للحصول على التركيز نفسه في الدم. استنتج مزايا استعمال جرعة أقل من الدواء للحصول على نتائج مماثلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما النواتج المتوقعة لهذا التفاعل؟

$$CH_3CH_2CH_2Br + NH_3 \rightarrow ?$$

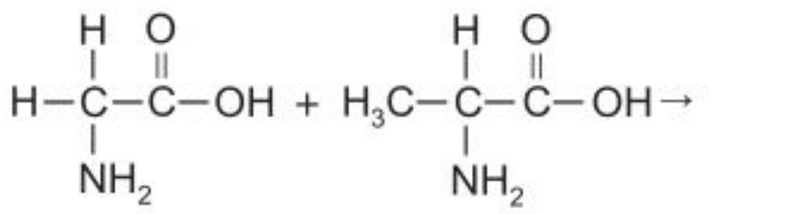
a. $CH_3CH_2CH_2NH_2Br + H_2$

b. $CH_3CH_2CH_2NH_3 + Br_2$

c. $CH_3CH_2CH_2NH_2 + HBr$

d. $CH_3CH_2CH_3 + NH_2Br$

2. ما نوع التفاعل الآتي؟



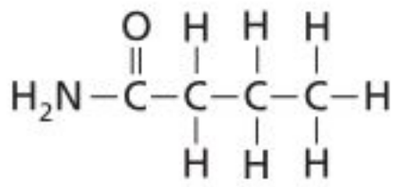
a. استبدال

b. تكثف

c. إضافة

d. حذف

3. ما نوع المركب الذي يمثله الجزيء الآتي؟



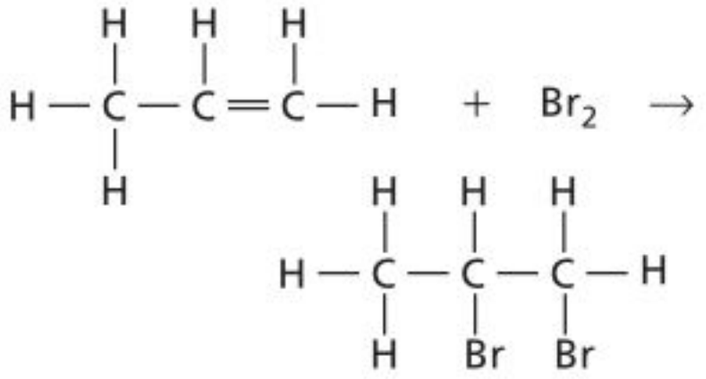
a. أمين

b. أميد

c. إستر

d. إيثر

4. ما نوع التفاعل المبين أدناه؟



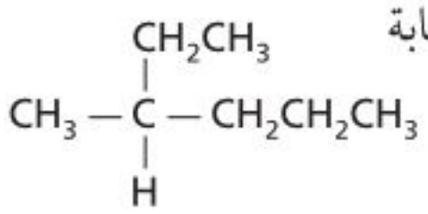
a. تكثف

b. حذف الماء

c. بلمرة

d. هلجنة

استعمل الشكل المجاور للإجابة عن السؤال رقم 5 .



5. أي مما يأتي يعد الاسم الصحيح للمركب؟

a. 3- ميثيل هكسان

b. 2- ميثيل بنتان

c. 2- بروبيل بيوتان

d. 1- ميثيل، 1- ميثيل بيوتان

6. أي المشتقات الهيدروكربونية له الصيغة العامة R–OH؟

a. الكحول

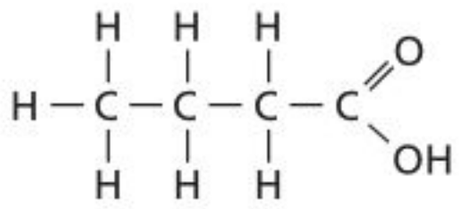
b. الأمين

c. الكيتون

d. الحمض الكربوكسيلي

أسئلة الإجابات القصيرة

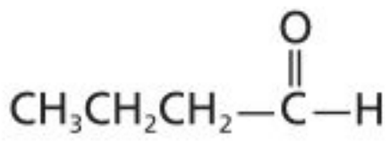
استعمل الشكل المجاور للإجابة عن السؤالين 7 و 8.



7. ما المجموعة الوظيفية الظاهرة في هذا المركب؟

8. ما اسم هذا المركب؟

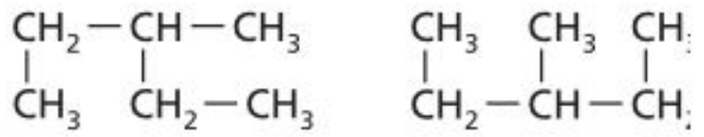
9. ما نوع المجموعة الوظيفية في المركب الآتي؟



10. ما الصيغة البنائية المختصرة للهبتان؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال رقم 11.

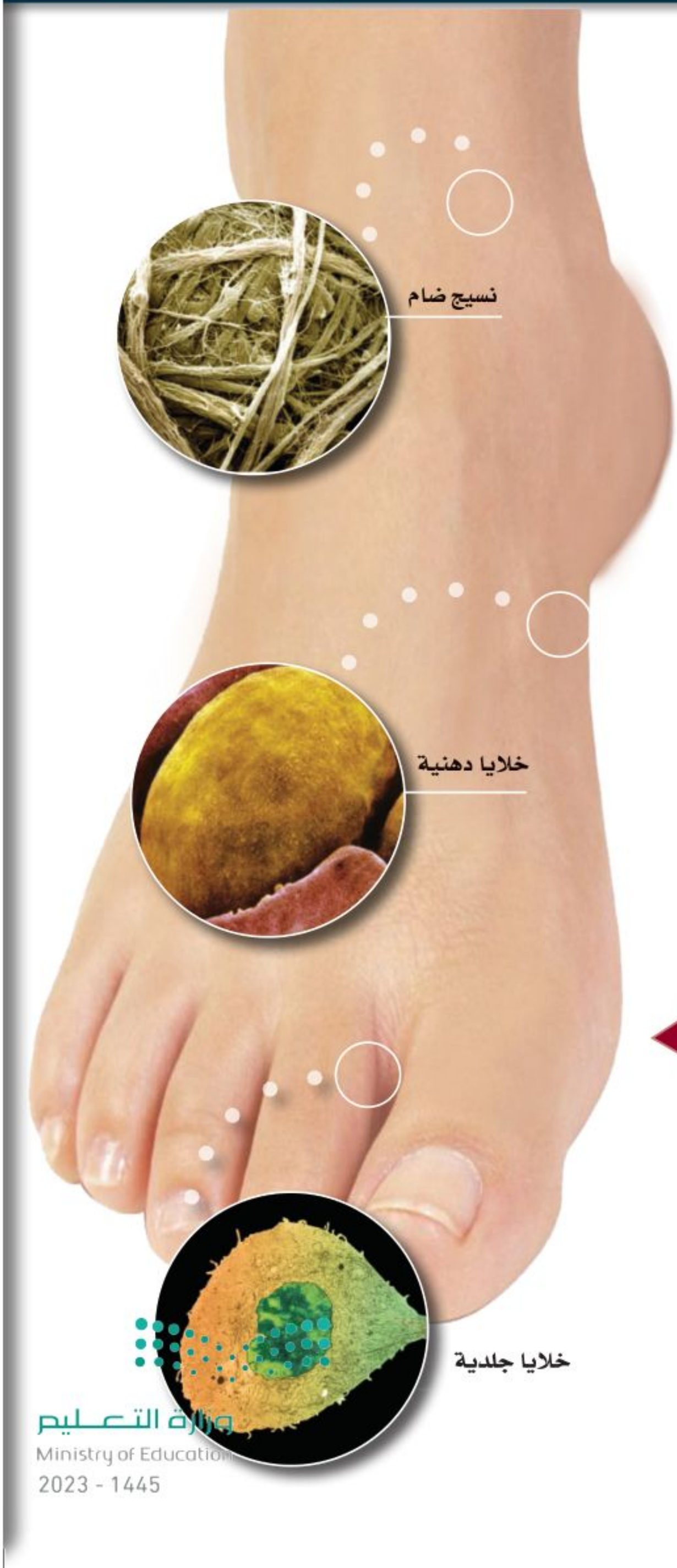


11. كل من الصيغتين البنائيتين أعلاه لها الصيغة الجزيئية C_6H_{14} نفسها. هل يمكن اعتبار كل منهما متشكلاً للآخر؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

المركبات العضوية الحيوية (كيمياء الحياة)
The Bioorganic Compounds



الفكرة العامة تقوم المركبات العضوية الحيوية (البروتينات والكربوهيدرات والليبيدات -الدهون- والأحماض النووية) بالأنشطة الضرورية للخلايا الحية.

3-1 البروتينات

الفكرة الرئيسة تؤدي البروتينات وظائف أساسية تشمل تنظيم التفاعلات الكيميائية الحيوية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.

3-2 الكربوهيدرات

الفكرة الرئيسة تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.

3-3 الليبيدات

الفكرة الرئيسة تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتختزن الطاقة، وتنظم العمليات الخلوية.

3-4 الأحماض النووية

الفكرة الرئيسة تخزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

حقائق كيميائية

- يعطي جرام واحد من الدهون أكثر من ضعف الطاقة التي تعطيها الكمية نفسها من الكربوهيدرات والبروتينات.
- الليبيدات الفوسفورية هي ليبيدات خاصة تكوّن الأغشية الخلوية للخلايا الحية.
- يتكوّن الكروموسوم البشري الواحد من جزيء DNA الذي يبلغ طوله 5 cm تقريبًا إذا قمنا بشدّه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تختبر وجود السكريات البسيطة؟

تزود العديد من مصادر الغذاء المختلفة الجسم بالطاقة التي يستعملها باستمرار. وتُختزن هذه الطاقة في روابط جزيئات تسمى السكريات.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. املأ **كأسًا سعتها 400 mL** بالماء إلى ثلثها، وضعها على سخان كهربائي، وسخنه حتى يغلي الماء.
3. استخدم **مخبارًا مدرجًا** لقياس 5 mL من **محلول جلوكوز تركيزه 10%**، واسكبه في أنبوب اختبار.
4. أضف 3.0 mL من محلول بندكت إلى أنبوب الاختبار، واخلط المحلولين مستخدمًا **ساق التحريك**. وأضف حجر الغليان إلى أنبوب الاختبار ، وهي قطعة صخرية صغيرة توضع لمنع فوران السائل في أثناء الغليان.

تحذير: محلول بندكت مهيج للعيون والجلد.

5. ضع أنبوب الاختبار في حمام الماء المغلي باستعمال **الملقط**، مدة 5 دقائق.
6. يدل تغير اللون إلى الأصفر أو البرتقالي على وجود سكر بسيط. سجل مشاهداتك.
7. كرّر الخطوات السابقة مستعملًا **محلول النشا 10%** ومعلق **الجيلاتين 10%**، وبضع قطرات من **معلق العسل في الماء**.

تحليل النتائج

1. **صف** تغيرات الألوان التي شاهدتها.
2. **صنّف** أي الأغذية تحتوي على سكر بسيط؟

استقصاء فكر في وجبة العشاء التي تناولتها أمس. ما الأغذية التي احتوت على سكريات بسيطة؟ وكيف يمكن اختبار هذه الأغذية للكشف عن ذلك؟

المطويات
منظمات الأفكار

المركبات العضوية الحيوية:
اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تنظيم المعلومات المتعلقة بالمركبات العضوية الحيوية.

الخطوة 1 اطو ورقة من أوراق دفتر الملاحظات طوليًا، تاركًا حاشية على الجانب الأيسر.

الخطوة 2 قصّ الجزء العلوي إلى أربع أشرطة.

الخطوة 3 اكتب العنوان الآتي على الحاشية. "المركبات العضوية الحيوية". واكتب على كلٍّ من الأشرطة الأربعة أحد المصطلحات الآتية: البروتينات، الكربوهيدرات، الليبيدات، الأحماض النووية.

المطويات **استخدم هذه المطوية مع الأقسام 1–3، و2–3، و3–3، و4–3** لخص في أثناء قراءتك هذه الأقسام التركيب العام ووظيفة المركبات العضوية الحيوية، وأعط أمثلة على كل منها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–1

الأهداف

- **تصف** تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات.
- **تشرح** وظيفة البروتينات في الخلايا.

مراجعة المفردات

البوليمرات مركبات كبيرة تتكون من وحدات متكررة عديدة تسمى المونومرات.

المفردات الجديدة

البروتينات

الأحماض الأمينية

الرابطة الببتيدية

الببتيد

تغير الخواص الطبيعية

الإنزيم

المادة الخاضعة لفعل الإنزيم

الموقع النشط

البروتينات Proteins

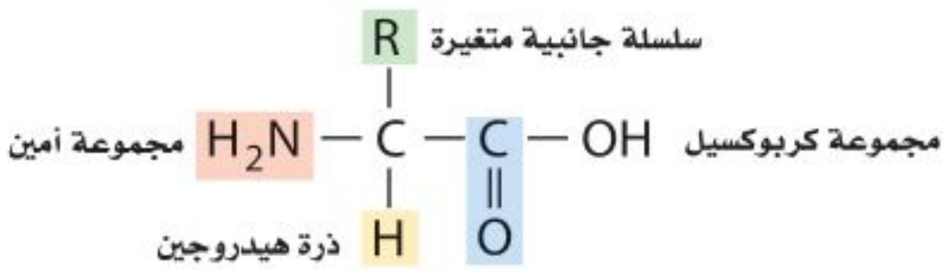
الفكرة الرئيسة **تؤدِّي البروتينات وظائف أساسية تشمل تنظيم التفاعلات الكيميائية الحيوية، والدعم البنائي، ونقل المواد، وتقلصات العضلات.**

الربط مع الحياة تحتوي بعض منتجات التنظيف –ومنها محلول تنظيف العدسات اللاصقة– على الإنزيمات. هل تساءلت يومًا ما الإنزيم؟

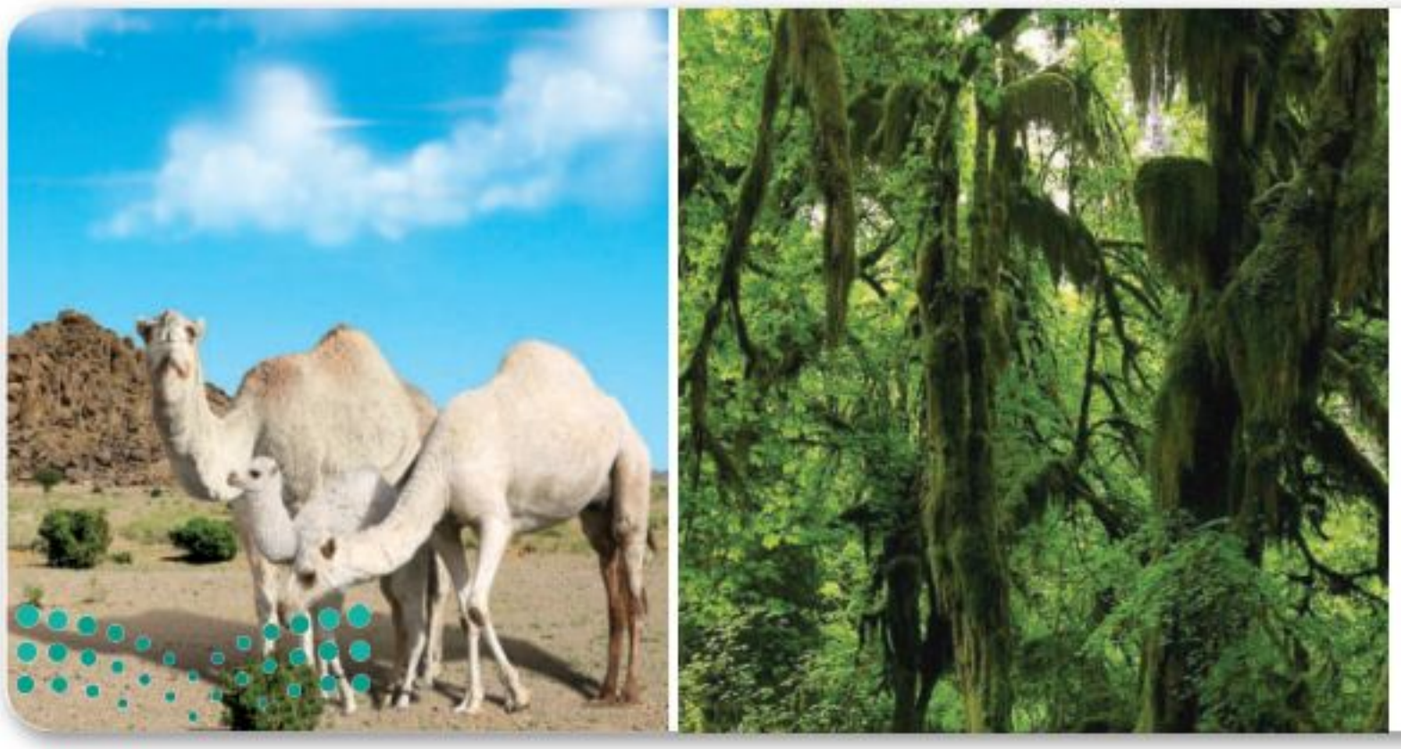
تركيب البروتين Protein Structure

تعد الإنزيمات نوعًا من البروتينات. والبروتينات بوليمرات عضوية تتكون من أحماض أمينية مرتبطة معًا بترتيب معين. والبروتينات ليست مجرد سلاسل كبيرة من الأحماض الأمينية المرتبة عشوائيًا. ويجب أن يكون البروتين مطويًّا في تركيب معين ثلاثي الأبعاد حتى يعمل بشكل صحيح. وجميع المخلوقات الحية؛ ومنها الإبل والنباتات المبينة في **الشكل 1–3**، تتكون من البروتينات.

الأحماض الأمينية توجد مجموعات وظيفية كثيرة ومختلفة من الأحماض الأمينية في المركبات العضوية. والأحماض الأمينية، كما يدل اسمها، جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية. والشكل الآتي يبين التركيب العام للحمض الأميني:

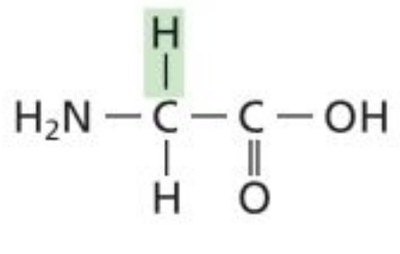
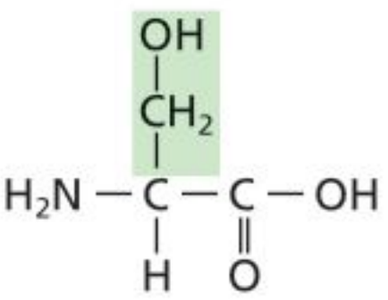
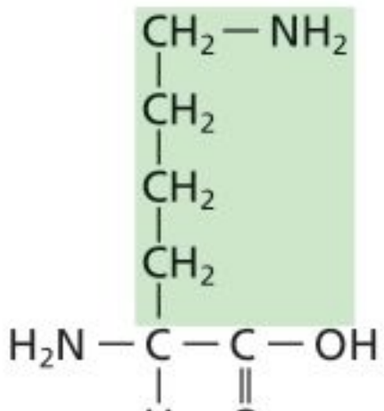
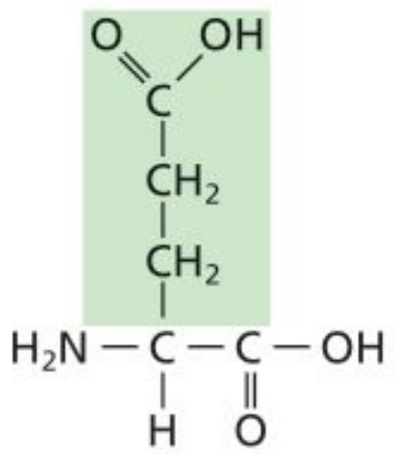
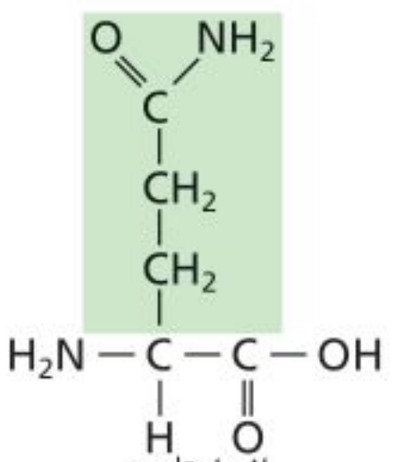
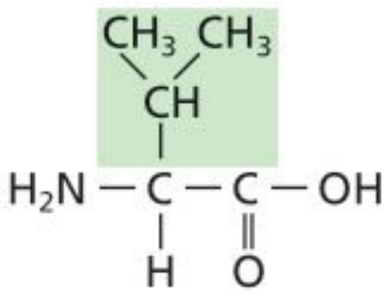
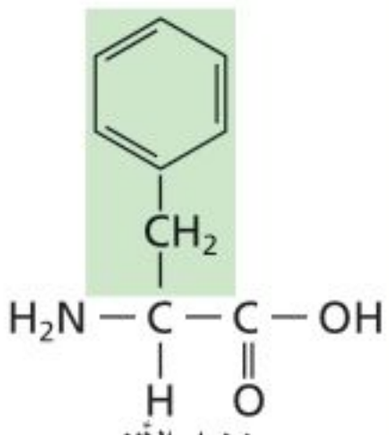


يوجد في كل حمض أميني ذرة كربون مركزية محاطة بأربع مجموعات: مجموعة الأمين ($-NH_2$)، ومجموعة الكربوكسيل ($-COOH$)، وذرة هيدروجين، وسلسلة جانبية متغيرة R. وتتفاوت السلسلة الجانبية من ذرة هيدروجين واحدة إلى تركيب معقد ذي حلقتين.



الشكل 1–3 تحتوي جميع المخلوقات الحية على البروتينات؛ فشعر الإبل وعضلاته جميعها تتكون من بروتينات بنائية، كما هو الحال لجذور النباتات وأوراقها.

الجدول 1-3 أمثلة على الأحماض الأمينية

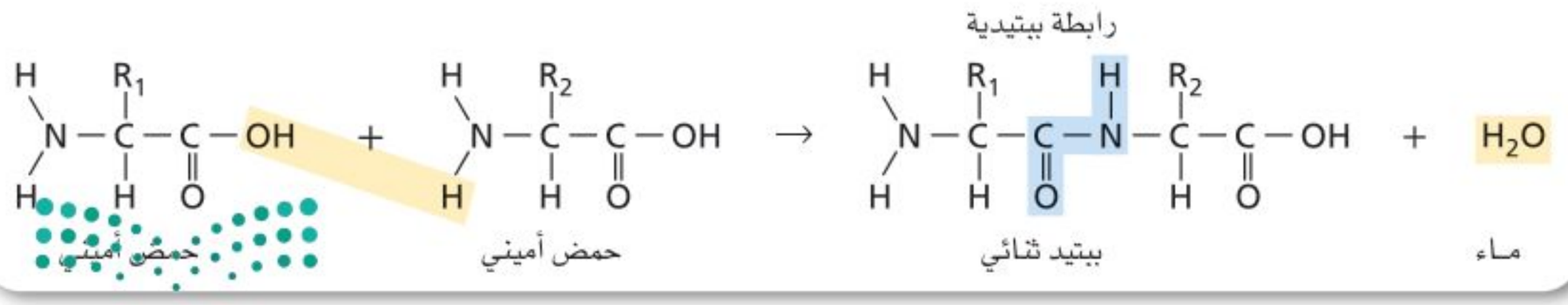
 الجلايسين	السيرين	 السيستين	 اللايسين
 حمض الجلوتامك	 الجلوتامين	 الفالين	 فينيل الآلنين

ادرس السلاسل الجانبية المختلفة للأحماض الأمينية المبينة في **الجدول 1–3**، وحدّد الألكانات غير القطبية، ومجموعات الهيدروكسيل القطبية، والمجموعات الحمضية والقاعدية مثل مجموعات الكربوكسيل والأمين، والحلقات الأروماتية، والمجموعات التي تحتوي على الكبريت. يزود هذا التنوع الواسع للسلاسل الجانبية الأحماض الأمينية المختلفة بتنوع كبير من الخواص الكيميائية والفيزيائية، ويساعد البروتينات على أداء وظائف عديدة ومختلفة.

الرابطة الببتيدية توفر مجموعات الأمين والكربوكسيل مواضع ربط مناسبة لربط الأحماض الأمينية معًا. ولأن الحمض الأميني هو في الوقت نفسه أمين وحمض كربوكسيلي، لذا يستطيع حمضان أمينيان أن يتحدا لتكوين أميد، وينطلق ماء في هذه العملية. هذا التفاعل هو تفاعل تكثف. وكما يبين **الشكل 2–3**، فإن مجموعة الكربوكسيل لأحد الحمضين الأمينيين تتحد مع مجموعة الأمين في الحمض الثاني لتكوين مجموعة الأميد الوظيفية.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف تتكون مجموعة الأميد الوظيفية.

الشكل 2–3 ترتبط مجموعة الأمين لأحد الحمضين الأمينيين بمجموعة الكربوكسيل لحمض أميني آخر لتكوين ببتيد ثنائي وماء. والمجموعة العضوية الوظيفية التي تتكون تسمى رابطة ببتيدية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

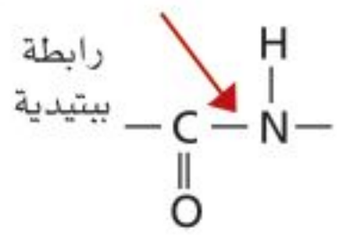
يطلق المختصون في الكيمياء الحيوية على رابطة الأميد المبينة في **الشكل 3–3**، والتي تجمع حمضين أمينيين اسم **الرابطة الببتيدية**. كما يطلق على السلسلة المكونة من حمضين أمينيين أو أكثر مرتبطة معًا بروابط ببتيدية **الببتيد**. أما الجزيء المكون من حمضين أمينيين مرتبطين معًا برابطة ببتيدية فيسمى ثنائي الببتيد. ويبين **الشكل 3–4a** تركيب ثنائي ببتيد مكونًا من الحمضين الأمينيين الجلايسين (Gly) وفينيل الألنين (Phe). في حين يبين **الشكل 3–4b** ثنائي ببتيد آخر مختلفًا مكوَّنًا أيضًا من الجلايسين وفينيل الألنين. فهل Gly– Phe هو المركب Phe–Gly نفسه؟ لا، إنهما مختلفان. تفحّص هذين المركبين ثنائي الببتيد لترى أن الترتيب الذي يرتبط فيه ثنائي الببتيد مهم، فما زال كل طرف من وحدة الحمضين الأمينيين في ثنائي الببتيد لديه مجموعة حرة: أحد الطرفين لديه مجموعة كربوكسيل حرة، والطرف الآخر لديه مجموعة أمين حرة. وتستطيع كل من هاتين المجموعتين الارتباط مع الطرف المقابل من حمض أميني آخر، مكونة المزيد من الروابط الببتيدية. وتقوم الخلايا الحية دائمًا ببناء الببتيدات بإضافة أحماض أمينية إلى الطرف الكربوكسيلي من الطرف النامي.

ماذا قرأت؟ اشرح الفرق بين الببتيد وثنائي الببتيد.

عديد الببتيد كلما زاد طول السلاسل الببتيدية أصبح من الضروري إعطاؤها أسماء أخرى. فالسلسلة المكونة من عشرة أحماض أمينية أو أكثر متصلة معًا بروابط ببتيدية تسمى عديد الببتيد. ويتضمن **الشكل 3–5** مثالاً على عديد الببتيد. وعندما يصل طول السلسلة نحو 50 حمضًا أمينيًّا يطلق عليها اسم بروتين.

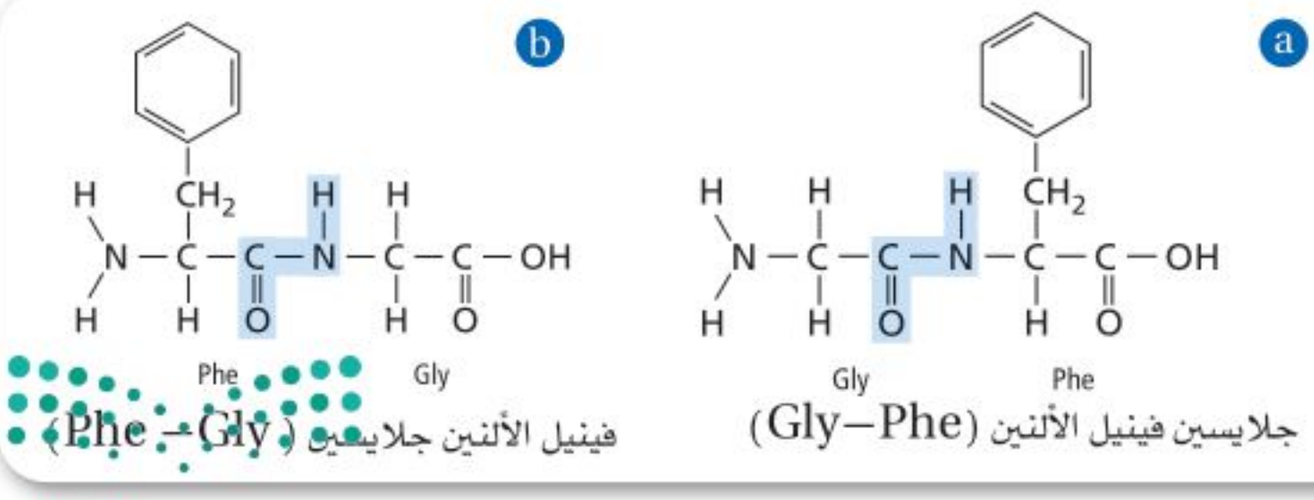
ولأن هناك 20 حمضًا أمينيًّا فقط تستطيع تكوين البروتينات، لذا فقد يبدو منطقيًّا وجود عدد محدود فقط من تراكيب البروتينات. ولكن البروتين يمكن أن يحتوي على 50 حمضًا أمينيًّا على الأقل، أو أكثر من 1000 حمض أميني مرتبة في أي تتابع ممكن. ولحساب عدد التتابعات الممكنة لهذه الأحماض الأمينية افترض أن كل موقع على السلسلة يمكن أن يكون فيه 20 حمضًا أمينيًّا محتملاً.الببتيد الذي يحتوي على n من الأحماض الأمينية فهناك 20^n من التتابعات المحتملة للأحماض الأمينية. وهكذا فإن ثنائي الببتيد الذي يتكون من حمضين أمينيين فقط يمكن أن يكون له 20^2، أو 400 تتابع محتمل للأحماض الأمينية. وحتى أصغر البروتينات، والذي يحتوي على 50 حمضًا أمينيًّا فقط لديه 20^{50} أو أكثر من 1×10^{65} احتمال من ترتيبات الأحماض الأمينية! ولأن خلايا الإنسان تصنع ما بين 80,000 و 100,000 بروتين مختلف، لذا يمكنك أن ترى أن هذا عبارة عن جزء صغير فقط من مجموع عدد البروتينات المحتملة.

ماذا قرأت؟ احسب عدد التتابعات المحتملة لسلسلة ببتيد تتكون من أربعة أحماض أمينية.



رابطة ببتيدية I

الشكل 3–3 تجمع الرابطة الببتيدية حمضين أمينيين لتكوين ثنائي الببتيد.

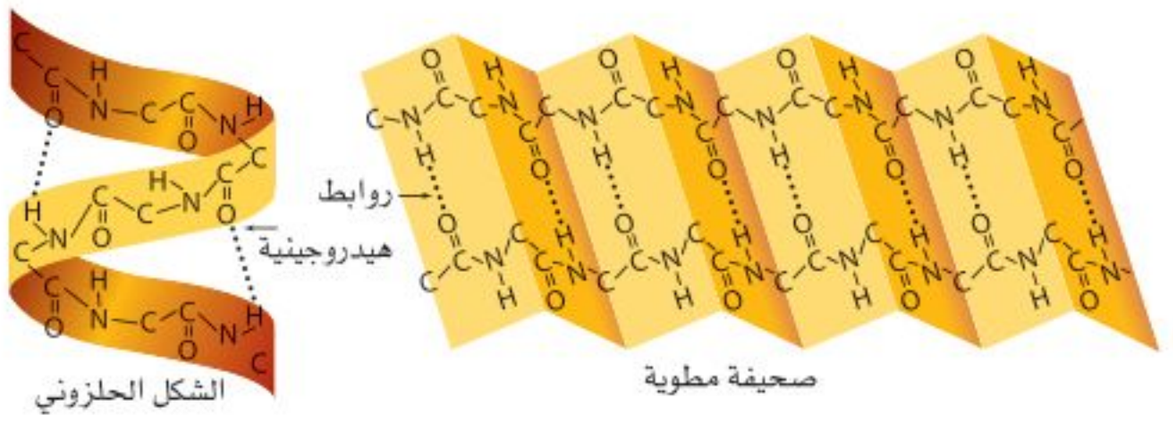


جلايسين فينيل الألنين (Gly–Phe)

فينيل الألنين جلايسين (Phe–Gly)

الشكل 3–4 يمكن أن يتحد الجلايسين (Gly) مع الفينيل الألنين (Phe) بطريقتين.

اشرح لماذا يعد هذان التركيبان مادتين مختلفتين؟



الشكل 5–3 يتضمن طي سلاسل الببتيد في صورة شكل حلزوني أو صحيفة مطوية تثبيتَ الأحماض الأمينية في مواقع معينة بواسطة الروابط الهيدروجينية. وهناك عدد من التفاعلات بين السلاسل لا تظهر هنا، ولكنها تؤدي دورًا مهمًّا في تحديد الشكل الثلاثي الأبعاد لعديد الببتيد.

تركيب البروتين الثلاثي الأبعاد تبدأ السلاسل الطويلة المكونة من الأحماض الأمينية بالطيّ مكونة أشكالاً ثلاثية الأبعاد قبل أن يكتمل تكوينها. ويتحدد الشكل الثلاثي الأبعاد عن طريق التفاعلات بين الأحماض الأمينية. فقد تتكون بعض أجزاء عديد الببتيد في صورة شكل حلزوني يشبه لفات سلك الهاتف. وقد تنثني بعض الأجزاء الأخرى إلى الأمام وإلى الخلف بصورة متكررة مكوّنة تركيبًا على هيئة صحيفة مطوية عدة طيات. وقد تنثني سلسلة عديد الببتيد إلى الخلف على نفسها وتغير اتجاهها. كما يمكن أن يحتوي بروتين معين على عدة لوالب، وصحائف، ولفّات، وقد لا يحتوي على أي منها. ويبين **الشكل 5–3** نمط الطي للولب نموذجي وصحيفة. والشكل الكلي الثلاثي الأبعاد للعديد من البروتينات شكل كروي غير منتظم. وهناك أنواع أخرى من البروتينات لها شكل ليفي طويل. وشكل البروتين مهم لعمله، فإذا تغير هذا الشكل فقد لا يستطيع أن يقوم بعمله داخل الخلية.

تغير الخواص الطبيعية ينتج عن التغيرات في درجة الحرارة وقوة الرابطة الأيونية والرقم الهيدروجيني pH والعوامل الأخرى انفكاك طيات البروتين ولوالبه، فيؤدي هذا إلى **تغيُّر الخواص الطبيعية** (Denaturation) الأصلية للبروتين، وهي العملية التي تشوه تركيب البروتين الطبيعي الثلاثي الأبعاد وتمزقه أو تتلفه. ويؤدي الطبخ عادة إلى تغير الخواص الطبيعية للبروتينات في الأغذية. فعند سلق بيضة تصبح صلبة لأن زلال البيضة الغني بالبروتين يتصلب نتيجة تغير الخواص الطبيعية للبروتين. ولما كانت البروتينات تعمل بصورة صحيحة فقط عندما تكون مطوية، لذا فإنها تصبح غير فعالة بصورة عامة إذا حدث لها تحويل في خواصها الطبيعية.

الوظائف المتعددة للبروتينات
The Multiple Functions of Proteins

تؤدي البروتينات أدوارًا كثيرة في الخلايا الحية؛ فهي تقوم بتسريع التفاعلات الكيميائية، ونقل المواد، وتنظيم العمليات الخلوية، والدعم البنائي للخلايا، والاتصالات داخل الخلايا وفيما بينها، وتسريع حركة الخلايا، وتعمل عمل المصدر للطاقة عند شحّ المصادر الأخرى.

تسريع التفاعلات يعمل العدد الأكبر من البروتينات في معظم المخلوقات الحية عمل الإنزيمات والعوامل المحفزة للتفاعلات الكثيرة التي تحدث في الخلايا الحية. يعد **الإنزيم** عاملًا محفزًا حيويًّا؛ حيث يعمل على تسريع التفاعل الكيميائي دون أن يُستهلك في هذا التفاعل. ويؤدي عادة إلى تخفيض طاقة تنشيط التفاعل عن طريق تثبيت الحالة الانتقالية.

واقع الكيمياء في الحياة

الإنزيمات

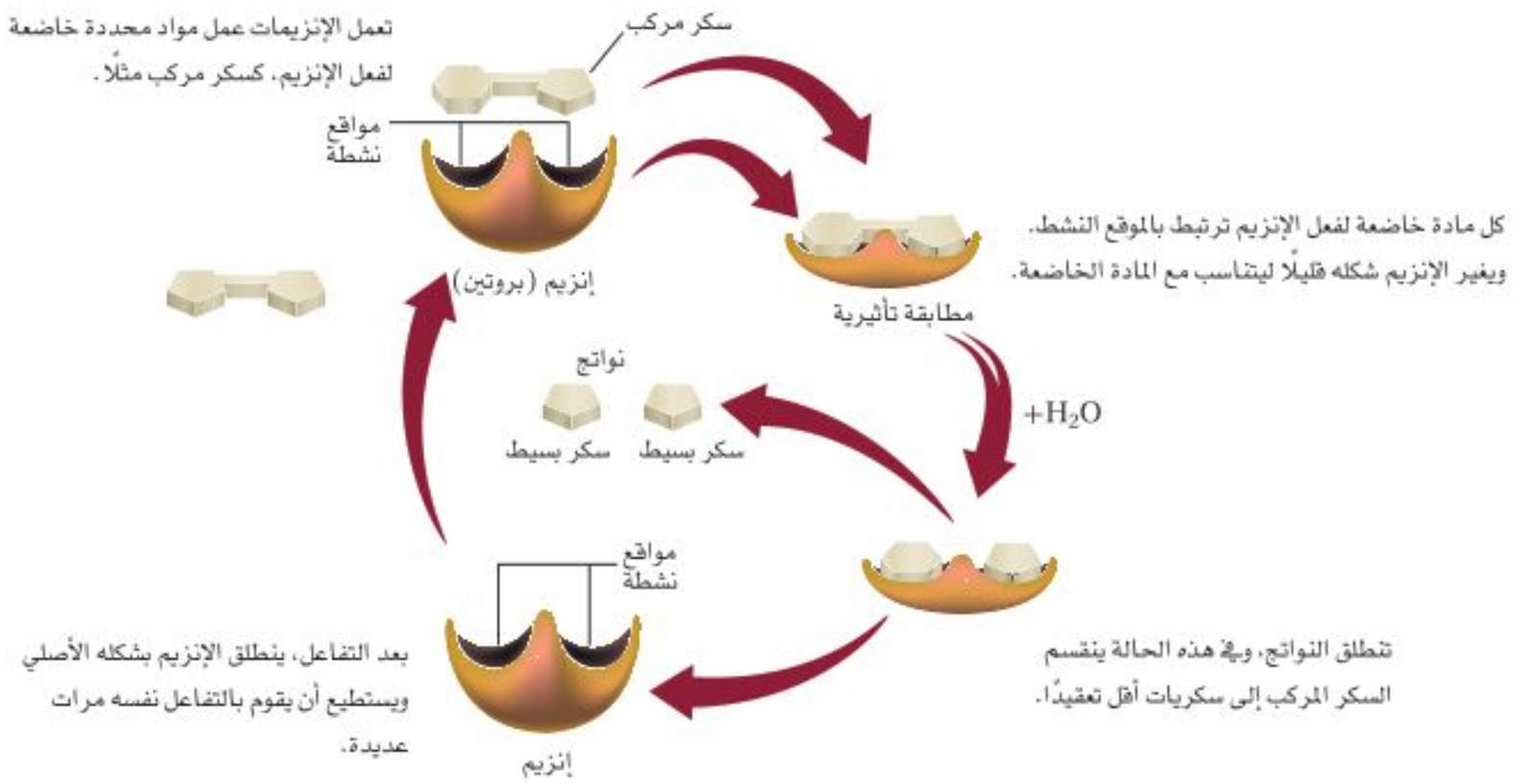
البابايين هو أحد أمثلة الإنزيمات التي قد تكون استعملتها ويوجد في البابايا، والأناناس، ومصادر نباتية أخرى. ويعمل هذا الإنزيم عاملًا مساعدًا في التفاعل الذي يفكك جزيئات البروتين، ويحوّلها إلى أحماض أمينية حرة. والبابايين هو العامل الفعّال في بقاء اللحوم طرية؛ فعندما تنثر البابايين المجفف على اللحم الرطب فإنه يكوّن محلولاً يكسر ألياف البروتين القاسية في اللحم فيجعله أكثر طراوة.

تجربة عملية

تغيير طبيعة البروتين

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 6–3 تخفض الإنزيمات طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل، وتغير السرعة التي يحدث بها التفاعل دون أن تتغير هي في التفاعل.

كيف تعمل الإنزيمات؟ إن مصطلح **مادة خاضعة لفعل الإنزيم** يشير إلى مادة متفاعلة في تفاعل يعمل الإنزيم فيه عمل عامل محفز، كما في **الشكل 6–3**. وترتبط المواد الخاضعة لفعل الإنزيم بمواضع معينة على جزيئات الإنزيم، وهي عادة عبارة عن جيوب أو شقوق. وتسمى النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم **الموقع النشط** للإنزيم. وبعدما ترتبط المادة الخاضعة بالموقع النشط يغير هذا الموضع شكله قليلاً ليحيط بالمادة الخاضعة بصورة أكثر إحكامًا، وتسمى هذه العملية المطابقة التأثيرية؛ إذ يجب أن تتطابق أشكال المواد الخاضعة مع شكل الموقع النشط، بالطريقة نفسها التي تتطابق بها قطع الألغاز أو القفل والمفتاح. ولن يرتبط الجزيء الذي يختلف شكله قليلاً عن شكل المادة الخاضعة المعتادة للإنزيم بصورة جيدة بالموقع النشط، وقد لا يحدث التفاعل.

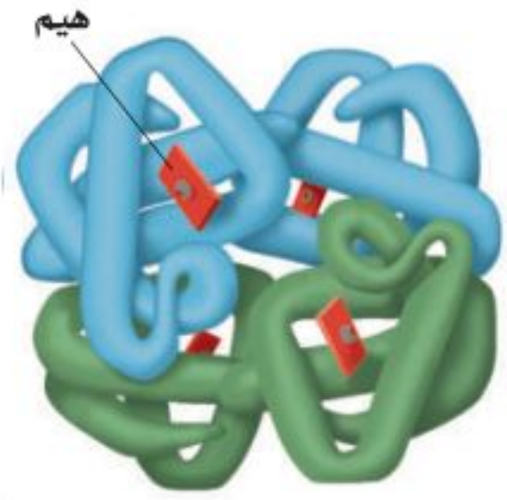
ويسمى التركيب المتكون من الإنزيم والمادة الخاضعة عند ارتباطهما مركبَ الإنزيم والمادةَ الخاضعة. فالحجم الكبير لجزيئات الإنزيم يمكّنها من تكوين روابط متعددة مع المواد الخاضعة، كما يسمح التنوع الكبير للسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية في الإنزيم بتكوين عدد من القوى بين الجزيئية المختلفة. وتخفّض القوى بين الجزيئية هذه طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل؛ حيث تتكسر الروابط وتتحول المادة الخاضعة لفعل الإنزيم إلى نواتج.

ماذا قرأت؟ صف بكلماتك الخاصة كيف يعمل الإنزيم؟

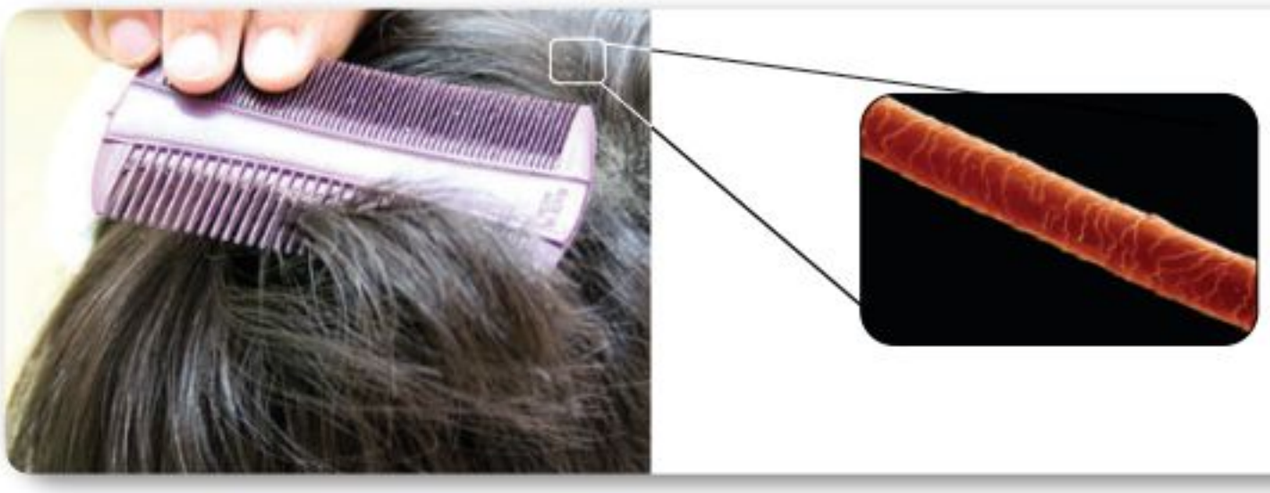
بروتينات النقل تنقل بعض البروتينات جسيمات أصغر منها في أرجاء الجسم. ويبين **الشكل 7–3** بروتين الهيموجلوبين، الذي ينقل الأكسجين في الدم من الرئتين إلى سائر الجسم. وهناك بروتينات أخرى تتحد بجزيئات حيوية تسمى ليبيدات؛ لتنقلها من جزء من الجسم إلى جزء آخر خلال مجرى الدم.

الشكل 7–3

الهيموجلوبين بروتين كروي، فيه أربع سلاسل عديدة الببتيد، يحتوي كل منها على مجموعة حديد تسمى هيم، يرتبط معها الأكسجين.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 8–3 يتكون شعر الإنسان من بروتين ليفي يسمى الكيراتين.

الدعم البنائي تقتصر بعض البروتينات على وظيفة وحيدة هي تكوين تراكيب حيوية للمخلوقات الحية، وتعرف هذه الجزيئات باسم البروتينات البنائية. والبروتين البنائي الأكثر توافرًا في معظم الحيوانات هو الكولاجين، وهو جزء من الجلد والأوتار والأربطة والعظام. وتشمل البروتينات البنائية الأخرى: الريش والفرو والصوف والحوافر والأظفار والشرنقات، والشعر، كما في **الشكل 8–3**.

الإشارات الخلوية cell signalling الهرمونات جزيئات تحمل الإشارات من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر. وبعض الهرمونات بروتينات. فالأنسولين –وهو مثال مألوف للبروتينات– هرمون بروتيني صغير يتكون من 51 حمضًا أمينيًّا تنتجه بعض خلايا البنكرياس. وعندما يُطلق الأنسولين إلى مجرى الدم يعطي إشارات لخلايا الجسم أن سكر الدم متوافر بكثرة ويجب تخزينه. يؤدي عدم توافر الأنسولين في كثير من الأحوال إلى مرض السكري الذي ينتج عن كثرة السكر في مجرى الدم. ولما كانت التقنية الحديثة قد جعلت تصنيع البروتينات في المختبر ممكنًا، لذا فقد تم صناعة بعض الهرمونات البروتينية لاستعمالها أدوية. ومن ذلك الأنسولين، وهرمونات الغدة الدرقية، وهرمونات النمو. وتستعمل البروتينات الطبيعية والصناعية في العديد من المنتجات، من محاليل التنظيف إلى وسائل المساعدة الصحية والتجميلية.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 1-3

الخلاصة

- البروتينات بوليمرات حيوية تتكون من أحماض أمينية ترتبط بروابط ببتيدية.
- تنطوي سلاسل البروتينات مكوّنة تراكيب معقدة ثلاثية الأبعاد.
- للبروتينات وظائف عديدة في جسم الإنسان تشتمل على وظائف داخل الخلايا وأخرى بينها، ووظائف دعم بنائي.

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** ثلاثة بروتينات، وحدّد وظائفها.
2. **قارن** بين بناء الأحماض الأمينية، وثنائي الببتيد، وعديد الببتيد، والبروتين، أيها له أكبر كتلة جزيئية، وأيها له أصغر كتلة جزيئية؟
3. **ارسم** تركيب ثنائي الببتيد Gly–Ser، وضع دائرة حول الرابطة الببتيدية.
4. **قوّم** ما خواص البروتينات التي تجعلها عوامل مساعدة مفيدة؟ وفيم تختلف عن عوامل مساعدة أخرى سبق أن درستها؟
5. **اشرح** ثلاث وظائف للبروتينات في الخلايا، وأعط مثالاً على كل وظيفة.
6. **صنّف** حمضًا أمينيًّا من **الجدول 1–3** يمكن تصنيفه في كل فئة من الأزواج الآتية:

a. غير قطبي مقابل قطبي **b.** أروماتي مقابل أليفاتي **c.** حمضي مقابل قاعدي

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–2

الأهداف

- **تصف** تراكيب السكريات الأحادية، والثنائية، وعديدة التسكر.
- **تشرح** وظائف الكربوهيدرات في المخلوقات الحية.

مراجعة المفردات

المتشكلات الفراغية نوع من المتشكلات ترتبط ذراتها بالترتيب نفسه، ولكنها تتجه في اتجاهات مختلفة في الفراغ.

المفردات الجديدة

الكربوهيدرات
السكريات الأحادية
السكريات الثنائية
السكريات عديدة التسكر

الكربوهيدرات Carbohydrates

الفكرة الرئيسة **تزود الكربوهيدرات المخلوقات الحية بالطاقة والمواد البنائية.**

الربط مع الحياة هناك تركيز كبير من وسائل الإعلام على الكربوهيدرات. فقد أصبح النظام الغذائي القليل الكربوهيدرات طريقة مفضلة للتحكم في الوزن، إلا أن الكربوهيدرات مصدر مهم لطاقة الجسم.

أنواع الكربوهيدرات Kinds of Carbohydrates

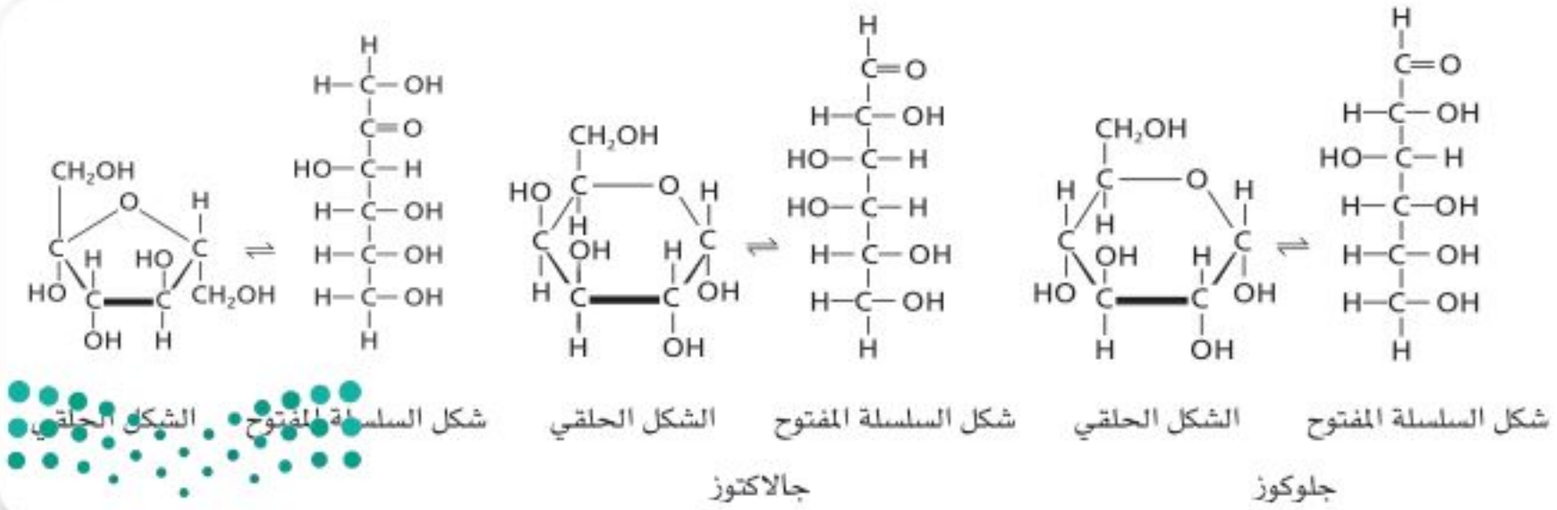
يعطي تحليل كلمة كربوهيدرات لمحة عن تركيب هذه المجموعة من الجزيئات. لقد أدت الملاحظات القديمة –التي بينت أن الصيغة الكيميائية العامة لهذه المركبات هي $C_n(H_2O)_n$، والتي تبدو وكأنها هيدرات الكربون– إلى تسميتها كربوهيدرات. ومع أن العلماء الآن يعرفون أنه لا توجد جزيئات ماء كاملة مرتبطة مع الكربوهيدرات إلا أن الاسم بقي من دون تغيير.

الوظيفة الرئيسة للكربوهيدرات في المخلوق الحي هي أنها مصدر للطاقة المختزنة. وتضم الأغذية الغنية بالكربوهيدرات الحليب والفواكه والخبز والبطاطس. والكربوهيدرات مركبات عضوية تحتوي على عدة مجموعات من الهيدروكسيل (–OH)، بالإضافة إلى مجموعة الكربونيل الوظيفية (C=O). وهذه الجزيئات تتراوح في قياسها بين وحدة بنائية واحدة إلى بوليمرات مكونة من مئات أو حتى آلاف وحدات البناء الأساسية.

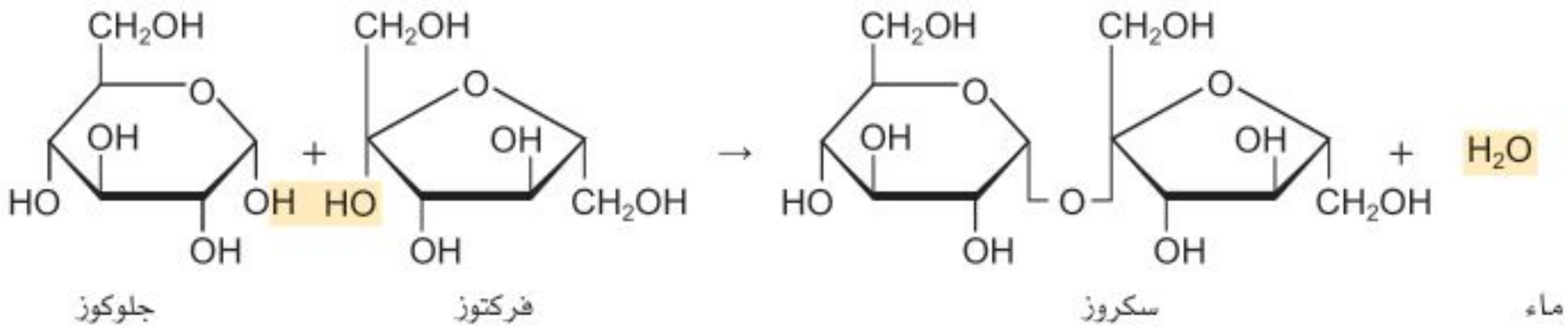
السكريات الأحادية أبسط أنواع الكربوهيدرات، والتي كثيرًا ما تسمى سكريات بسيطة هي **السكريات الأحادية**. تحتوي أكثر السكريات الأحادية شيوعًا خمس أو ست ذرات كربون. ويبين **الشكل 9–3** أمثلة على السكريات الأحادية. لاحظ وجود مجموعة كربونيل على إحدى ذرات الكربون ومجموعات هيدروكسيل على معظم ذرات الكربون الأخرى. إن وجود مجموعة الكربونيل يجعل هذه المركبات إما ألدهايدات وإما كيتونات، وذلك بحسب موقع مجموعة الكربونيل. كما أن تعدد المجموعات القطبية يجعل السكريات الأحادية قابلة للذوبان في الماء، ويعطيها درجات انصهار عالية.

مُنِح البروفيسور ريمون أرغل لوميو جائزة الملك فيصل فرع العلوم عام ١٤١٠ هـ لنجاحه مع زميله البروفيسور فرانك ألبرت كوتن؛ كونهما أول من ركَّب السكروز كيميائياً، ويعد ريمون من أكبر العلماء المعاصرين في كيمياء السكريات التي لها شأن عظيم في العمليات الحيويَّة.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم
http://kingfaisalprize.org/ar/science/



الشكل 9–3 الجلوكوز، والجلاكتوز، والفركتوز سكريات أحادية. وتكون في المحاليل المائية في حالة اتزان بين الشكل الحلقي وشكل السلسلة المفتوح.



الشكل 10–3 عندما يتحد الجلوكوز والفركتوز يتكون السكر الثنائي السكروز. لاحظ أن الماء أيضًا ناتج تفاعل هذا التكثف. وتذكّر أن كل تركيب حلقي يتكون من ذرات كربون غير ظاهرة في الشكل حتى لا يبدو معقدًا.

الجلوكوز سكر سداسي الكربون، وله تركيب ألدهيدي. ويوجد بتركيز عالٍ في الدم؛ لأنه يعمل بوصفه مصدرًا رئيسًا للطاقة الفورية للجسم. ولهذا السبب يسمى الجلوكوز في كثير من الأحيان سكرَ الدم.

والجلاكتوز سكر على علاقة وثيقة بالجلوكوز، ويختلف عنه فقط في كيفية اتجاه ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل في الفراغ حول إحدى ذرات الكربون الست. وتجعل هذه العلاقة من الجلوكوز والجلاكتوز متشكلين هندسيين. فالفركتوز، الذي يعرف بسكر الفاكهة لأنه موجود في معظم الفواكه، هو سكر أحادي يتكون من ست ذرات كربون له تركيب كيتوني. كما أن الفركتوز متشكل بنائي للجلوكوز.

عندما تكون السكريات الأحادية في محلول مائي فإنها توجد في الصورة الحلقية وتركيب السلسلة المفتوحة، ولكنها تغير شكلها باستمرار وبسرعة. والتراكيب الحلقية هي الأكثر استقرارًا، وهي الشكل السائد للسكريات الأحادية في حالة الاتزان. وتلاحظ في **الشكل 9–3** أن مجموعات الكربونيل توجد فقط في تركيب السلسلة المفتوحة. وفي التركيب الحلقي تتحول مجموعات الكربونيل إلى مجموعات هيدروكسيل.

السكريات الثنائية تستطيع السكريات الأحادية أن ترتبط معًا عن طريق تفاعل التكثف الذي يطلق الماء، كما هو الحال في الأحماض الأمينية. وعندما يرتبط سكّران أحاديان معًا يتكون **سكر ثنائي**، كما في **الشكل 10–3**، ويطلق على الرابطة الجديدة المتكوّنة الرابطة الإيثرية C–O–C.

والسكروز هو أحد السكريات الثنائية، ويعرف أيضًا بسكر المائدة؛ لأنه يستعمل بشكل رئيس في التحلية. ويتكون السكروز من اتحاد الجلوكوز مع الفركتوز. كما أن اللاكتوز سكر ثنائي شائع أيضًا، وهو الكربوهيدرات الأهم في الحليب، ويسمى غالبًا سكر الحليب. ويتكون اللاكتوز عندما يتحد الجلوكوز والجلاكتوز.

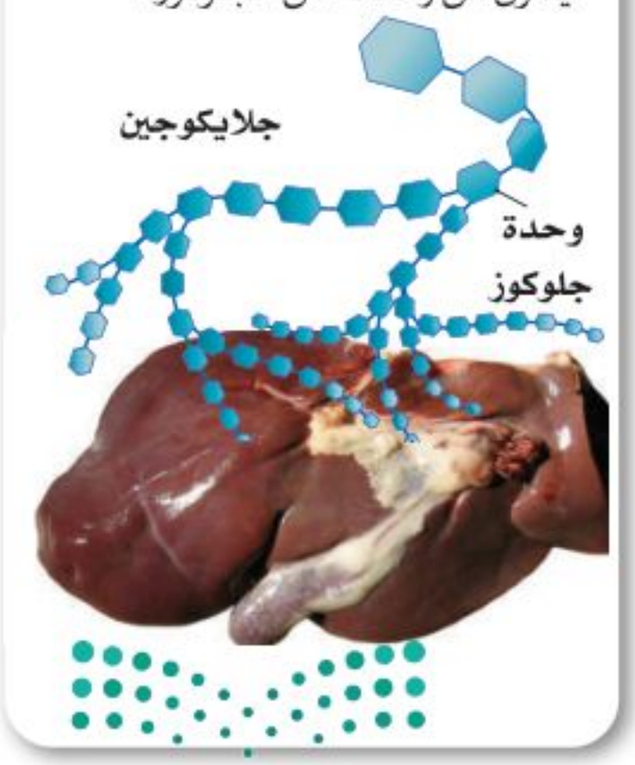
السكريات عديدة التسكر يستعمل اسم الكربوهيدرات المعقدة أو **السكريات عديدة التسكر** للبوليمرات التي تتكون من السكريات البسيطة وتحتوي على 12 وحدة بناء أساسية أو أكثر. وترتبط الوحدات الأساسية في عديدة التسكر بنفس نوع الروابط التي تجمع سكرين أحاديين لتكوين سكر ثنائي. أما الجلايكوجين، المبين في **الشكل 11–3**، فهو من السكريات عديدة التسكر، ويتألف من وحدات جلوكوز تختزن الطاقة، ويوجد غالبًا في الكبد وعضلات الإنسان وحيوانات أخرى. كما يوجد في بعض أنواع المخلوقات المجهرية، ومنها البكتيريا والفطريات.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين السكريات الأحادية والثنائية وعديدة التسكر.

المفردات

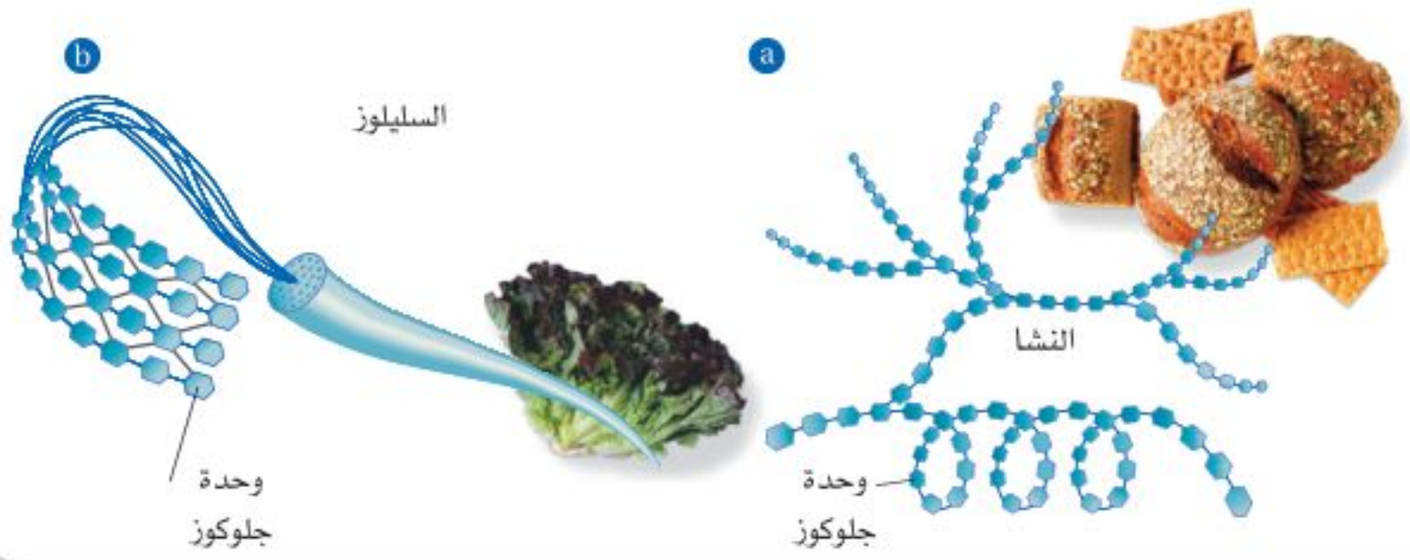
أصل الكلمة

العديدة التسكر (Polysaccharide) اشتق هذا الاسم من الكلمة اليونانية Polys، والتي تعني "متعدد"، والكلمة السنسكريتية القديمة Sakkara، والتي تعني "سكر".



الشكل 11–3 يعد الجلايكوجين الموجود في عضلات وكبد الحيوانات من السكريات عديدة التسكر؛ حيث يتكون من وحدات من الجلوكوز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 12–3 النشا والسليلوز نوعان مهمان من السكريات العديدة التسكر
a. للنشا تركيب متفرع أو غير متفرع.
b. للسليلوز تركيب غير متفرع يشبه السياج ذا السلاسل المتقاطعة.

يبين **الشكل 12–3** نوعين آخرين مهمين من السكريات العديدة التسكر، هما: النشا والسليلوز. وعلى الرغم من أن كلاًّ منهما يتكوّن من وحدات أساسية من الجلوكوز، إلا أنهما يختلفان في خواصِّهما ووظائفهما. تصنع النباتات النشا والسليلوز. والنشا جزيء طري لا يذوب في الماء ويستعمل لتخزين الطاقة، في حين أن السليلوز بوليمر لا يذوب في الماء، ويكوّن الجدران القاسية للخلية النباتية، كتلك الموجودة في الخشب.

ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى أن الروابط التي تربط الوحدات الأساسية معًا تتجه اتجاهات مختلفة في الفراغ. وبسبب هذا الاختلاف في شكل الروابط يستطيع الإنسان أن يهضم الجلايكوجين والنشا، ولكنه لا يستطيع أن يهضم السليلوز. كما لا تستطيع إنزيمات الهضم أن تستوعب السليلوز في مواقعها النشطة. والسليلوز الذي في الفواكه والخضراوات والحبوب التي نأكلها، يسمى أليافًا غذائية؛ لأنه يمر في الجهاز الهضمي دون أن يتغير كثيرًا.

المطويات
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 2-3

الخلاصة

- الكربوهيدرات مركبات تحتوي على مجموعات هيدروكسيل ($-OH$) متعددة، ومجموعة الكربونيل الوظيفية ($C=O$).
- يتراوح حجم الكربوهيدرات بين وحدات بناء أساسية مفردة إلى بوليمرات تتكون من مئات أو آلاف الوحدات الأساسية.
- توجد السكريات الأحادية في المحاليل المائية في تراكيب حلقية ومفتوحة السلسلة.

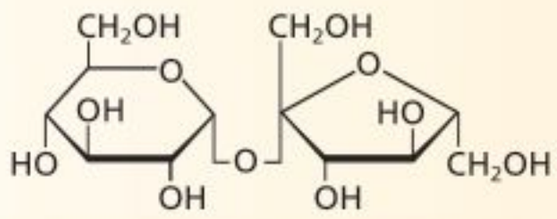
7. **الفكرة الرئيسة** **اشرح** وظائف الكربوهيدرات في المخلوقات الحية.

8. **صف** تراكيب السكريات الأحادية والثنائية وعديدة التسكر؟

9. **قارن** بين تراكيب النشا والسليلوز. كيف تؤثر الاختلافات في التركيب في مقدرتنا على هضم هذين النوعين من السكريات؟

10. **احسب** إذا كان لأحد الكربوهيدرات 2^n متشكل محتمل، حيث n تساوي عدد ذرات الكربون في التركيب، فاحسب عدد المتشاكلات المحتملة للسكريات الأحادية الأتية: الجلاكتوز، والجلوكوز، والفركتوز.

11. **تفسير الرسوم العلمية** انسخ رسم السكروز على ورقة منفصلة، وضع دائرة حول مجموعة الإيثر الوظيفية التي تربط الوحدات الأساسية السكرية معًا.



رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–3

الأهداف

- **تصف** تراكيب الأحماض الدهنية، والجليسريدات الثلاثية، والليبيدات الفوسفورية والستيرويدات.
- **تشرح** وظائف الليبيدات في المخلوقات الحية.
- **تحدد** بعض تفاعلات الأحماض الدهنية.
- **تربط** بين تركيب الأغشية الخلوية ووظيفتها.

مراجعة المفردات

غير قطبي من دون منطقتين منفصلتين موجبة وسالبة أو من دون قطبين.

المفردات الجديدة

الليبيدات
الأحماض الدهنية
الجليسريدات الثلاثية
التصبُّن
الليبيدات الفوسفورية
الشموع
الستيرويدات

الليبيدات Lipids

الفكرة الرئيسة **تكوّن الليبيدات الأغشية الخلوية، وتختزن الطاقة وتنظم العمليات الخلوية.**

الربط مع الحياة ما الشيء المشترك بين الشمع الذي يستعمل في تلميع السيارات والدهن الذي يقطر من اللحم المشوي، وفيتامين (د) الذي يضاف إلى الحليب الذي يشربه الناس؟ جميعها ليبيدات.

ما الليبيد؟ What is a lipid?

الليبيدات جزيئات حيوية كبيرة غير قطبية. ولما كانت الليبيدات غير قطبية فهي غير قابلة للذوبان في الماء. وتؤدي الليبيدات وظيفتين رئيستين في المخلوقات الحية؛ تختزن الطاقة بشكل فعّال، وتكوّن معظم تركيب الأغشية الخلوية، كما أنها تختلف عن البروتينات والكربوهيدرات في أنها ليست بوليمرات ذات وحدات بناء أساسية متكررة.

الأحماض الدهنية على الرغم من أن الليبيدات ليست بوليمرات، إلا أن لها وحدة بناء رئيسة مشتركة. ووحدات البناء هذه هي **الأحماض الدهنية**، وهي أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة. وتحوي معظم الأحماض الدهنية الطبيعية ما بين 12 و 24 ذرة كربون. ويمكن تمثيل تركيبها بالصيغة الآتية: $CH_3(CH_2)_nCOOH$

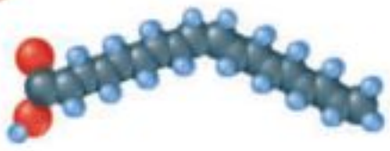
تحتوي معظم الأحماض الدهنية على عدد زوجي من ذرات الكربون، وهذا ناتج عن إضافتها ذرتين معًا في الوقت نفسه في تفاعلات إنزيمية. كما يمكن وضع الأحماض الدهنية في مجموعتين رئيستين؛ اعتمادًا على وجود أو عدم وجود روابط ثنائية بين ذرات الكربون. وتُعرَف الأحماض الدهنية التي لا تحتوي على روابط ثنائية بالمشبعة، في حين تسمى غيرَ المشبعة إذا احتوت على رابطة ثنائية أو أكثر. ويبين **الشكل 13–3** تركيبي حمضين دهنيين شائعين.

ماذا قرأت؟ **اشرح** لماذا يوصف حمض الأوليك بأنه غير مشبع؟

الشكل 13–3 حمض الأوليك غير المشبع ذو 18 ذرة كربون وحمض السيتريك المشبع يوجدان في العديد من الأطعمة، ومنها الزبد.

فسّر كيف يتأثر تركيب الجزيء بوجود الرابطة الثنائية؟

زبدة



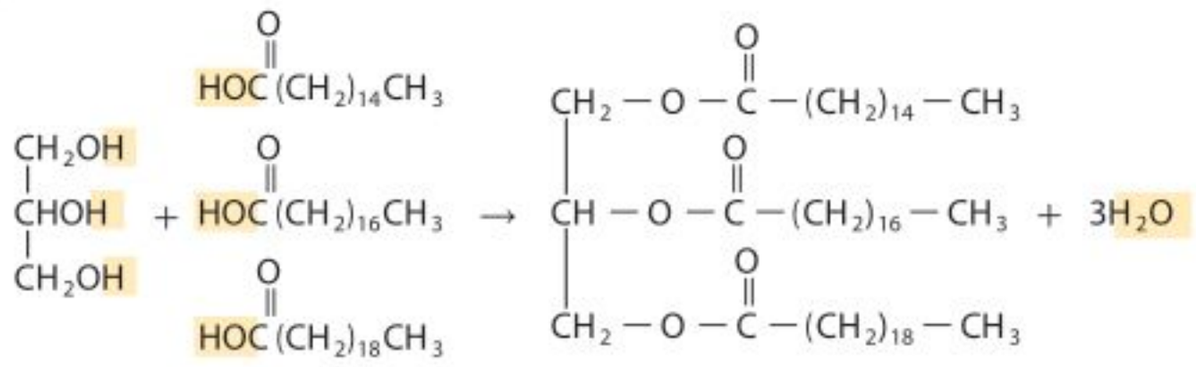
حمض الأوليك

$$HO\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH{=}CHCH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$$

حمض السيتريك

$$HO\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 14–3 تتكون روابط الإستر في الجليسريد الثلاثي عندما تتحد مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الجليسرول بمجموعات الكربوكسيل الموجودة في الأحماض الدهنية.

المفردات

الاستخدام العلمي والاستخدام الشائع

يُشَبِّع (Saturate)

الاستخدام العلمي: يضيف شيئًا إلى حد أنه يمكن معه استيعاب المزيد أو ذوبانه أو الاحتفاظ به، مثل تشبّع الماء المالح بالملح.

الاستخدام الشائع: يزود السوق بمنتج أو منتجات إلى الحد الأقصى لطاقته الاستهلاكية.

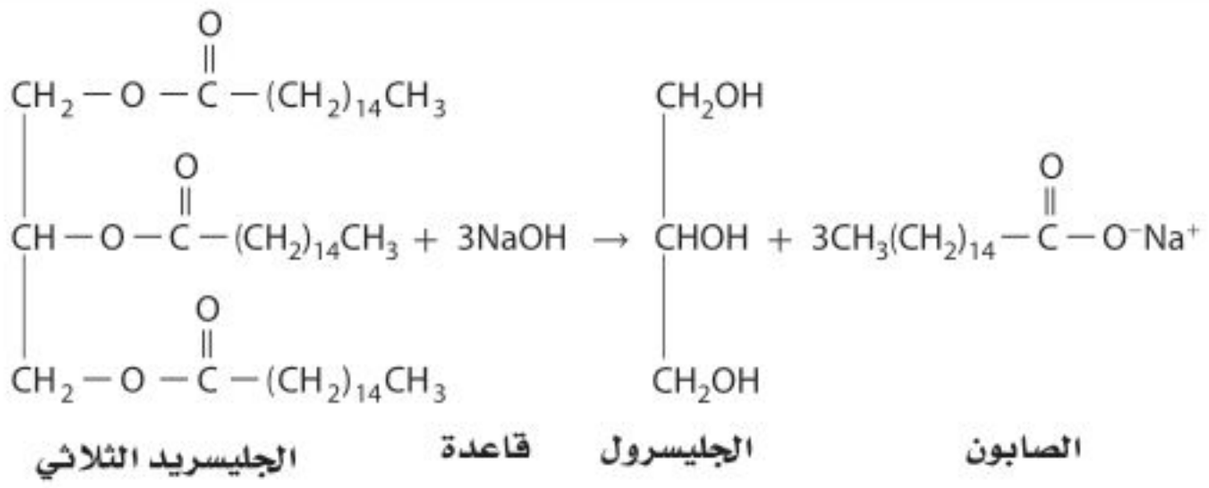
يمكن أن يتشبع الحمض الدهني غير المشبع إذا تفاعل مع الهيدروجين. ومن المعروف أن الهدرجة هي تفاعل إضافة يتم فيه تفاعل غاز الهيدروجين مع ذرات الكربون المرتبطة بروابط متعددة. وتستطيع كل ذرة كربون غير مشبعة أن تستوعب ذرة هيدروجين إضافية واحدة لتصبح مشبعة. فمثلاً، يمكن أن تتم هدرجة حمض الأوليك Oleic acid، في **الشكل 13–3**، ليكوّن حمض السيتريك.

توجد الروابط الثنائية في الأحماض الدهنية الطبيعية جميعها تقريبًا في صورة المتشكل الهندسي سيس. ونظرًا إلى اتجاه سيس فإن هذا لا يساعد على وجود تركيب الأحماض الدهنية غير المشبعة متراصّة. ونتيجة لذلك لا تتكون قوى تجاذب كثيرة بين الجزيئات كما في جزيئات الأحماض الدهنية المشبعة، ولذَلك تكون درجات انصهار الأحماض الدهنية غير المشبعة أقل.

الجليسريدات الثلاثية على الرغم من أن الأحماض الدهنية موجودة بكثرة في المخلوقات الحية، إلا أنها نادرًا ما تكون وحدها. فهي تكون غالبًا مرتبطة بالجليسرول، وهو جزيء من ثلاث ذرات كربون، ترتبط كل منها مع مجموعة هيدروكسيل. وعندما ترتبط ثلاثة أحماض دهنية بالجليسرول بروابط إستر يتكون **الجليسريد الثلاثي**. ويبين **الشكل 14–3** تكوين الجليسريد الثلاثي. ويمكن أن تكون الجليسريدات الثلاثية صلبة أو سائلة في درجة حرارة الغرفة، كما في **الشكل 15–3**. وعندما تكون سائلة تسمى عادة زيوتًا. أما إذا كانت صلبة في درجة حرارة الغرفة فتُسمّى دهونًا.

ماذا قرأت؟ حدد اثنين من الزيوت النباتية واثنين من الدهون الحيوانية.

الشكل 15–3 معظم مخاليط ثلاثي الجليسريدات النباتية المصدر توجد في الحالة السائلة؛ لأن ثلاثي الجليسريدات يحتوي على أحماض دهنية غير مشبعة، في حين تحتوي الدهون الحيوانية على كمية أكبر من الأحماض الدهنية المشبعة، لذا تكون عادة صلبة في درجة حرارة الغرفة.



الشكل 16–3 يتكون الصابون من تفاعل الجليسريد الثلاثي وقاعدة قوية.

وعندما تتوافر الطاقة بكثرة تخزّن الخلايا الدهنية الطاقة الفائضة في الأحماض الدهنية على هيئة جليسريد ثلاثي. وعندما تقلّ الطاقة تقوم الخلايا بتحليل الجليسريد الثلاثي مطلقةً الطاقة التي استعملت في تكوينها. ومع أن الإنزيمات تحلل الجليسريد الثلاثي داخل الخلايا الحية إلا أنه يمكن إجراء تفاعل مشابه لذلك خارج الخلايا باستعمال قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم. ويُسمّى هذا التفاعل – تميُّه الجليسريد الثلاثي مع وجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجليسرول– **التصبُّن**. ويستعمل تفاعل التصبُّن كما في **الشكل 16–3**، في إنتاج الصابون، وهو عبارة عن أملاح الصوديوم للأحماض الدهنية. ولجزيء الصابون طرفان: طرف قطبي، وآخر غير قطبي.

يستعمل الصابون مع الماء في تنظيف الأوساخ والزيوت غير القطبية؛ لأن جزيئات الأوساخ والزيوت غير القطبية ترتبط بالطرف غير القطبي لجزيئات الصابون، في حين يكون الطرف القطبي لجزيئات الصابون قابلاً للذوبان في الماء. وهكذا يمكن إزالة جزيئات الصابون المحملة بالأوساخ باستعمال الماء.

تجربة

تفاعل التصبُّن (عملية صناعة الصابون) (saponification)

كيف يصنع الصابون؟ يُسمى التفاعل بين الجليسريد الثلاثي وقاعدة قوية التصبُّن، كما في **الشكل 16-6**.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ضع كأسًا سعتها **250mL** على سخان كهربائي. وأضف 25g من **السمن النباتي الصلب** إليها. ثم أشعل السخان الكهربائي على درجة حرارة متوسطة.
3. استخدم **مخبارًا مدرجًا** سعته **25ml** لإضافة 12mL **إيثانول** ببطء في أثناء انصهار السمن النباتي، ثم أضف 5mL من **NaOH** تركيزه **6.0M** إلى الكأس.

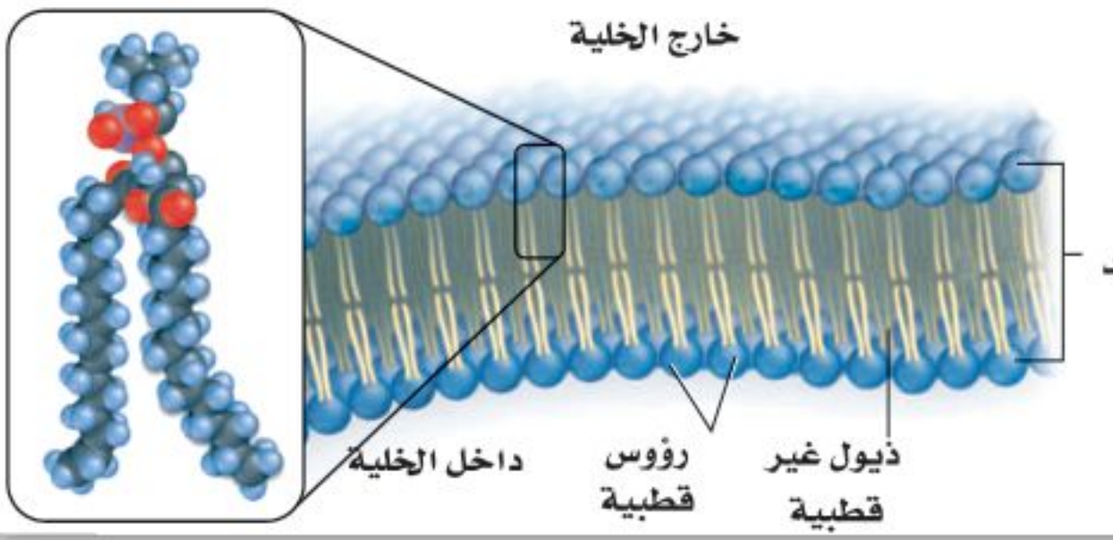
*تحذير: الإيثانول قابل للاشتعال، و**NaOH** يسبب حروقًا للجلد؛ لذا البس القفازين.*

4. سخّن الخليط مدة 15 دقيقة تقريبًا، وحركه **بساق التحريك** من حين إلى آخر، دون أن يغلي.
5. ضع الكأس جانبًا، باستعمال **الملقط**، وعندما يجمد الخليط دعه يبرد مدة 5 دقائق، ثم ضعه في **كأس سعتها 600 mL** مملوءة بالماء البارد.
6. أضف 25mL من محلول NaCl المشبع إلى الخليط الذي في الكأس. ولأن الصابون ليس شديد الذوبان في الماء المالح فإنه سيبدو في صورة كتل صغيرة.
7. اجمع كتل الصابون بترشيحها خلال **قطعة قماش** موجودة **كبطانة لقمع**.
8. اضغط الصابون داخل **طبق تبخير** وأنت تلبس القفازين، ثم انزعهما واغسل يديك.

التحليل

1. فسِّر ما نوع الروابط التي تتحلل في الجليسريد الثلاثي في أثناء تفاعل التصبّن؟
2. حدّد نوع الملح الذي تكوّن في هذا التفاعل الكيميائي.
3. حدّد ما الطرف القطبي لجزيء الصابون؟ وما الطرف غير القطبي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 17–3 تحتوي الليبيدات الفوسفورية على رأس قطبي وذيلين غير قطبيين. تتكون أغشية الخلايا من طبقة مزدوجة من الليبيدات تسمى ثنائية الطبقة. وتوجد الرؤوس القطبية في هذه الطبقة على المحيط الخارجي، بينما توجد الذيول غير القطبية في الداخل.

اللايبيز الفوسفوري (فوسفولايبيز) phospholipase هناك نوع مهم آخر من الجليسريد الثلاثي يُسمى الليبيد الفوسفوري، يوجد بكثرة في الأغشية البلازمية. و**الليبيدات الفوسفورية** جليسريدات ثلاثية استبدل فيها أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات قطبية، تكوّن الجزء القطبي من الجزيء رأسًا، كما في **الشكل 17–3**، وتبدو الأحماض الدهنية غير القطبية في صورة ذيول. ويتكون الشكل النموذجي للغشاء البلازمي من طبقتين من الليبيد الفوسفوري، وهي مرتبة بحيث تكون ذيولها غير القطبية متجهة نحو الداخل ورؤوسها القطبية متجهة إلى الخارج. ويسمى هذا الترتيب الليبيد الثنائي الطبقة. ولما كان تركيب هذا الليبيد يعمل بوصفه حاجزًا، فإن الخلية تستطيع أن تنظم المواد التي تدخل خلال هذا الغشاء وتخرج منه.

الربط مع علم الأحياء يحتوي سُمّ الأفاعي السامة على نوع من الإنزيمات يعرف بالليبيز الفوسفوري. وتعمل هذه الإنزيمات عاملًا محفزًا لتحليل الليبيد الفوسفوري – وهو جليسريد ثلاثي استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات. ويحتوي سمّ أحد أنواع الأفاعي على الليبيز الفوسفوري الناتج عن تفكك (تميّه) رابطة الإستر لذرة الكربون الوسطى في الليبيد الفوسفوري. وإذا دخل الجزء الأكبر من ناتج هذا التفاعل إلى مجرى الدم فإنه يذيب أغشية كريات الدم الحمراء فتتمزق. إن لدغة هذه الأفعى يمكن أن تؤدي إلى الموت إذا لم يتم علاجها فورًا.

الشموع عبارة عن نوع آخر من الليبيدات تحتوي أيضًا على أحماض دهنية. و**الشموع** ليبيدات تتكون من اتحاد حمض دهني مع كحول ذي سلسلة طويلة. وتبين الصيغة أدناه التركيب العام لهذه الدهون الصلبة الطرية ذات درجات الانصهار المنخفضة، حيث تمثل x و y أعدادًا مختلفة من مجموعات CH_2.

$$CH_3(CH_2)_x - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - (CH_2)_yCH_3$$

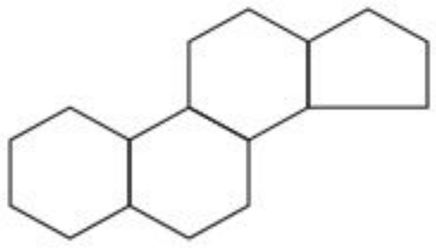
تنتج النباتات والحيوانات الشمع، وكثيرًا ما تُغطّى أوراق النبات بالشمع الذي يمنع فقدان الماء. ويبين **الشكل 18–3** كيف أن قطرات المطر تكون كرات كالخرز على أوراق النبات، مما يشير إلى وجود طبقة شمعية. كما أن أقراص العسل التي يبنيها النحل مصنوعة أيضًا من الشمع الذي يعرف عادة باسم شمع النحل. واتحاد حمض البالمتيك المكون من حمض دهني ذي 16 ذرة كربون مع كحول يحتوي على سلسلة من 30 ذرة كربون يؤدي إلى تكوين نوع شائع من شمع النحل. وتُصنع الشموع أحيانًا من شمع العسل؛ لأنه يميل إلى الاحتراق ببطء وهدوء.

تجربة عملية
الدهون المشبعة وغير المشبعة
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 18–3 تنتج النباتات شمعًا يُغطي أوراقها ويحميها من الجفاف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الستيرويدات لاتحتوي جميع الليبيدات على سلاسل أحماض دهنية؛ فالستيرويدات ليبيدات تحتوي تراكيبها على حلقات متعددة. وجميع الستيرويدات مبنية من تركيب الستيرويد الأساسي المكوّن من الحلقات الأربع المبينة أدناه.



وبعض الهرمونات – ومنها العديد من الهرمونات الجنسية– هي ستيرويدات تنظم عمليات الأيض. ويُعد الكولسترول – وهو ستيرويد آخر – مكونًا بنائيًّا مهمًّا للأغشية الخلوية، كما أن فيتامين (د) أيضًا يحتوي على تركيب الستيرويد ذي الحلقات الأربع، ويؤدي دورًا في تكوين العظام. أما العلجوم البحري العملاق ***Bufo marinus***، كما في **الشكل 19–3**، فيستعمل ستيرويد يسمى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاعية؛ إذ يفرز السم من نتوءات صغيرة على ظهره ومن غدد خلف عينيه مباشرة. هذا السمّ هو مجرد مادة مهيّجة للإنسان. أما للحيوانات الصغيرة فإنه يؤدي إلى إسالة لعابها، وفقدان التوازن، والتشنجات، والموت.

الشكل 19–3 يستعمل العلجوم البحري العملاق سُمًّا ستيرويديًّا يُدعى بوفوتوكسين بوصفه آلية دفاع. ويُعدّ هذا السمّ قاتلاً لبعض الحيوانات كالكلاب والقطط.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 3-3

الخلاصة

- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحتوي عادة على ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكن أن ترتبط الأحماض الدهنية مع الجليسرول لتكوّن الجليسريد الثلاثي.
- الستيرويدات ليبيدات تحتوي على تراكيب متعددة الحلقات.

12. الفكرة الرئيسة صف وظيفة الليبيدات.

13. **صف** تراكيب الأحماض الدهنية، والجليسريدات الثلاثية، والليبيدات الفوسفورية، والستيرويدات، والشمع.

14. **اعمل** قائمة بوظيفة مهمة لكلٍّ من الليبيدات الآتية:

a. الجليسريدات الثلاثية
b. الليبيدات الفوسفورية
c. الشموع
d. الستيرويدات

15. **اذكر** تفاعلين من تفاعلات الأحماض الدهنية.

16. **صف** تركيب الأغشية الخلوية وعملها.

17. **اكتب** معادلة الهدرجة الكاملة للحمض الدهني غير المشبع وحمض اللينوليك.

$$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$$

18. **تفسير الرسوم العلمية** ارسم البناء العام الخاص ب الليبيد الفوسفوري ، وعيّن عليه الأجزاء القطبية وغير القطبية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3–4

الأهداف

- **تحدّد** المكوّنات البنائية للأحماض النووية.
- **تربط** وظيفة DNA بتركيبه.
- **تصف** تركيب RNA ووظيفته.

مراجعة المفردات

المعلومات الوراثية: سلسلة يتم توريثها موجودة في RNA أو DNA وتنتقل السمات والخصائص من جيل إلى الجيل الذي يليه.

المفردات الجديدة

الحمض النووي

النيوكليوتيد

الأحماض النووية Nucleic Acids

الفكرة الرئيسة **تخزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.**

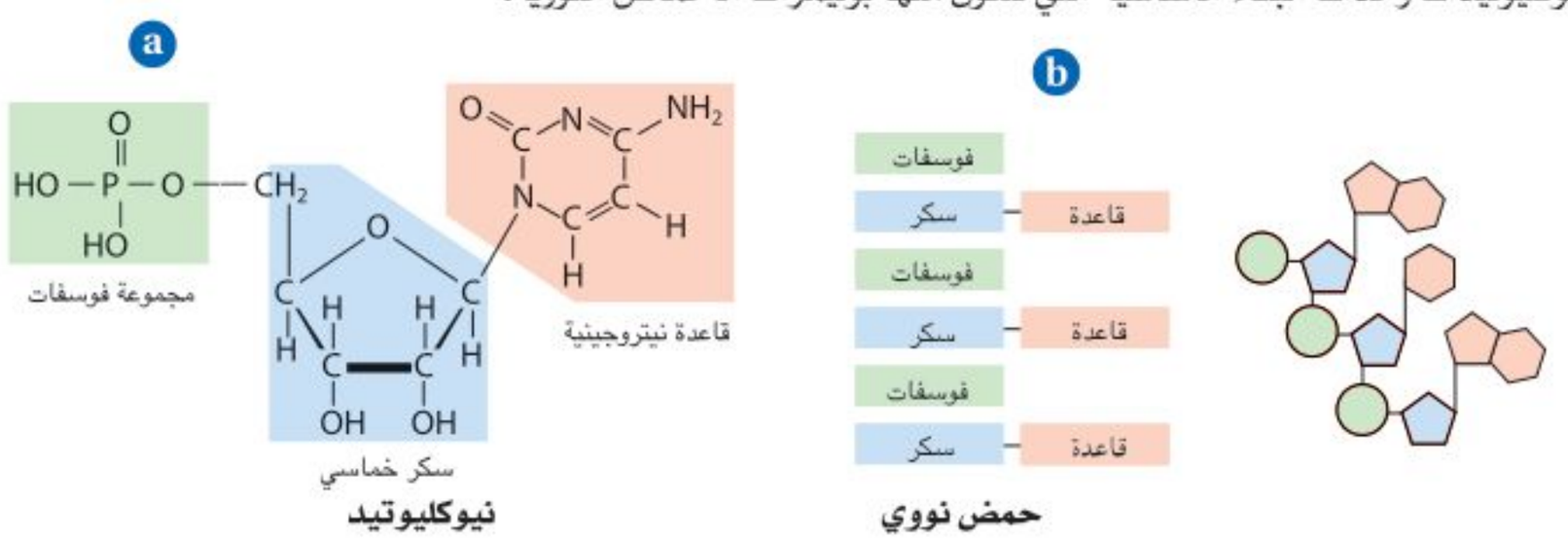
الربط مع الحياة أصبح فحص DNA شيئًا عاديًّا في الطب والعلم الجنائي، وعلم الأنساب، والتعرّف على ضحايا الكوارث. ولقد مكّنتنا التقنية الحديثة من الحصول على عينة DNA مفيدة من مصادر مدهشة كشعرةٍ أو لعابٍ جافٍّ على طابع بريدي.

تركيب الأحماض النووية Structure of Nucleic Acids

تشكل الأحماض النووية نوعًا رابعًا من الجزيئات الحيوية. وهي جزيئات تخزين المعلومات في الخلية. وقد أخذت هذه الجزيئات اسمها من الموقع الخلوي الذي توجد فيه هذه الجزيئات بشكل رئيس، وهو النواة. وتقوم الأحماض النووية بوظائفها الرئيسة من مركز التحكم هذا. والحمض النووي بوليمر حيوي يحتوي على النيتروجين، ويقوم بتخزين المعلومات الوراثية ونقلها. وتسمى وحدة البناء الأساسية للحمض النووي **النيوكليوتيد**. ولكل نيوكليوتيد ثلاثة أجزاء: مجموعة فوسفات غير عضوية، وسكر أحادي ذو خمس ذرات كربون، وتركيب يحتوي على نيتروجين يسمى قاعدة نيتروجينية. تفحص أجزاء **الشكل 3–20a**، فعلى الرغم من أن مجموعة الفوسفات هي نفسها في جميع النيوكليوتيدات، إلا أن السكر والقاعدة النيتروجينية يختلفان.

يحتوي الحمض النووي على سكر أحادي مكون من 5 ذرات كربون ويسمى سكر (بنتوز) pentose من أحد النيوكليوتيدات مرتبط بفوسفات نيوكليوتيد آخر، كما في **الشكل 3–20b**. وهكذا تشكل النيوكليوتيدات سلسلة، أو شريطًا، يحتوي على سكر خماسي ومجموعات فوسفات متناوبة. وكل سكر خماسي يرتبط أيضا بقاعدة نيتروجينية تبرز من السلسلة. وتتكدس القواعد النيتروجينية على وحدات النيوكليوتيدات المتجاورة واحدة فوق الأخرى في وضع منحرف قليلاً، فتشبه درجات السلّم، كما في **الشكل 3–20b**. وتبقي القوى بين الجزيئية كل قاعدة نيتروجينية قريبة من القواعد النيتروجينية التي فوقها والتي تحتها.

الشكل 3–20 النيوكليوتيدات وحدات البناء الأساسية التي تتكون منها بوليمرات الأحماض النووية.



الأحماض النووية سلاسل طولية من سكريات ومجموعات فوسفات متعاقبة. ويرتبط بكل سكر قاعدة نيتروجينية، ولأن النيوكليوتيدات ملتوية فإن السلاسل تشبه درجات السلم.

يحتوي كل نيوكليوتيد على قاعدة تحتوي على نيتروجين وسكر خماسي ومجموعة فوسفات.

DNA: اللولب المزدوج DNA: The Double Helix

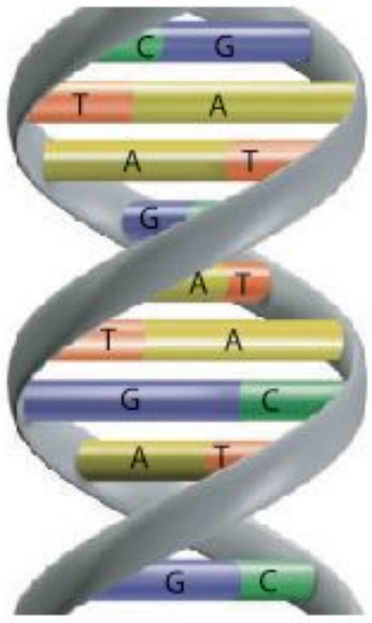
ربما سمعت عن حمض ديوكسي رايبونيوكلييك DNA، وهو أحد نوعين من الأحماض النووية التي توجد في الخلايا الحية؛ إذ يحتوي DNA على الخطط الرئيسة لبناء جميع بروتينات جسم المخلوق الحي.

تركيب DNA يتكـــون DNA مـــن سلســـلتين طويلتين مـــن النيوكليوتيدات ملتفتين معًا لتشـــكّلا بناءً حلزونيًّا كما في **الشكل 21–3**. ويحتوي كل نيوكليوتيد في DNAعلى مجموعة فوســـفات، وســـكر ديوكسي رايبوز ذي الخمس ذرات من الكربون وهو عبارة عن ســـكر خماسي منقوص الأوكســـجين Deoxyribose، وقاعدة نيتروجينية. وتشـــكل جزيئات السكر ومجموعات الفوسفات المتعاقبة في كل سلســـلة الجزء الخارجي، أو العمود الفقري للتركيـــب اللولبي. أما القواعد النيتروجينية فتوجد داخل التركيب. ولأن البناء اللولبي يتكون من سلسلتين فهو يعرف باللولب المزدوج.

يحتـــوي DNA على أربع قواعد نيتروجينية مختلفة هـــي: الأدينين (A)، الثايمين (T)، السايتوسين (C)، والجوانين (G). إذ يحتوي كل من الأدينين والجوانين على حلقة مزدوجة، كما في **الشـــكل 22–3**. أما الثايمين والسايتوســـين فلهما تركيبان أحاديا الحلقة. انظر مرة أخرى إلى **الشكل 21–3** تلاحظ أن كل قاعدة نيتروجينية على شريط مـــن اللولب تقابلها قاعدة نيتروجينية عـــلى الشريط المقابل، بالطريقة نفسها التي تتقابل بها أسنان السحّاب المنزلق. وتتقارب أزواج القواعد المتجاورة إلى حدّ تتكـــوّن بينها روابط هيدروجينية. ولما كانـــت كل قاعدة نيتروجينية لديها ترتيب فريد من المجموعـــات الوظيفية العضوية التي تســـتطيع أن تكوّن روابط هيدروجينية، فإن القواعد النيتروجينية تشـــكل دائمًا أزواجًا بطريقة معينة، حيث يتكون دائمًا العدد الأفضل من الروابط الهيدروجينية.

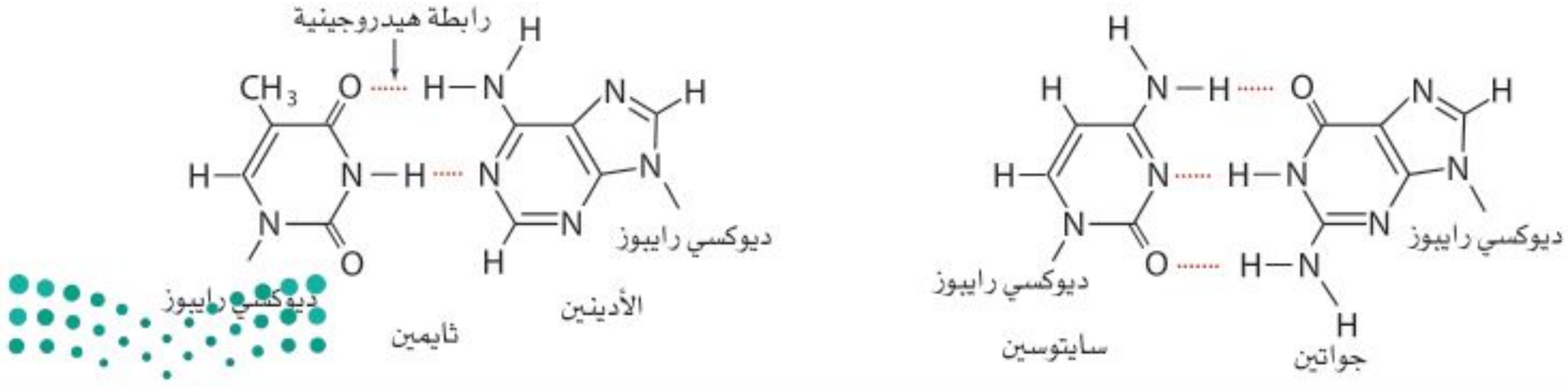
ماذا قرأت؟ صف مم يتكون أسنان سَحّاب DNA المنزلق؟

ويرتبـــط الجوانين دائمًا بالسايتوســـين، ويرتبـــط الأدينين دائـــمًا بالثايمين، كما في **الشـــكل 22–3**. وتســـمى أزواج G–C وT–A أزواجًا قاعدية متطابقة. ولذلك تســـاوي كمية الأدينين في جزيء DNA دائمًا كمية الثايمين، وكمية السايتوســـين دائمًا تساوي كمية الجوانين. وفي عام 1953م استخدم جيمس واطسون وفرانسيس كريك هذه الملاحظة ليقوما بأحد أعظم الاكتشـــافات العلمية في القرن العشرين عندما حددا تركيب DNA ذا اللولب المـــزدوج. لقد حقّقا هذا الإنجاز دون أن يقوما بالعديد من التجارب المختبريـــة، بل قاما بدلاً من ذلك بتجميع أعمال عدد كبير من العلماء الذين قاموا بدراسة DNA وتحليلها.



الشكل 21–3 تركيب DNA هو لولب مزدوج يشبه سحابًا منزلقًا ملتويًا. ويتكوّن العمودان الفقريان من السكر والفوسفات، ويشكّلان الجانبين الخارجيين للسحاب المنزلق.

الشكل 22–3 يحدث تزاوج القواعد في DNA بين قاعدة ذات حلقتين وقاعدة ذات حلقة واحدة؛ حيث يتزاوج الأدينين والثايمين دائمًا ويشكلان زوجًا بينهما رابطتان هيدروجينيتان، ويتزاوج الجوانين والسايتوسين دائمًا فيكونان زوجًا يرتبطان بثلاث روابط هيدروجينية.



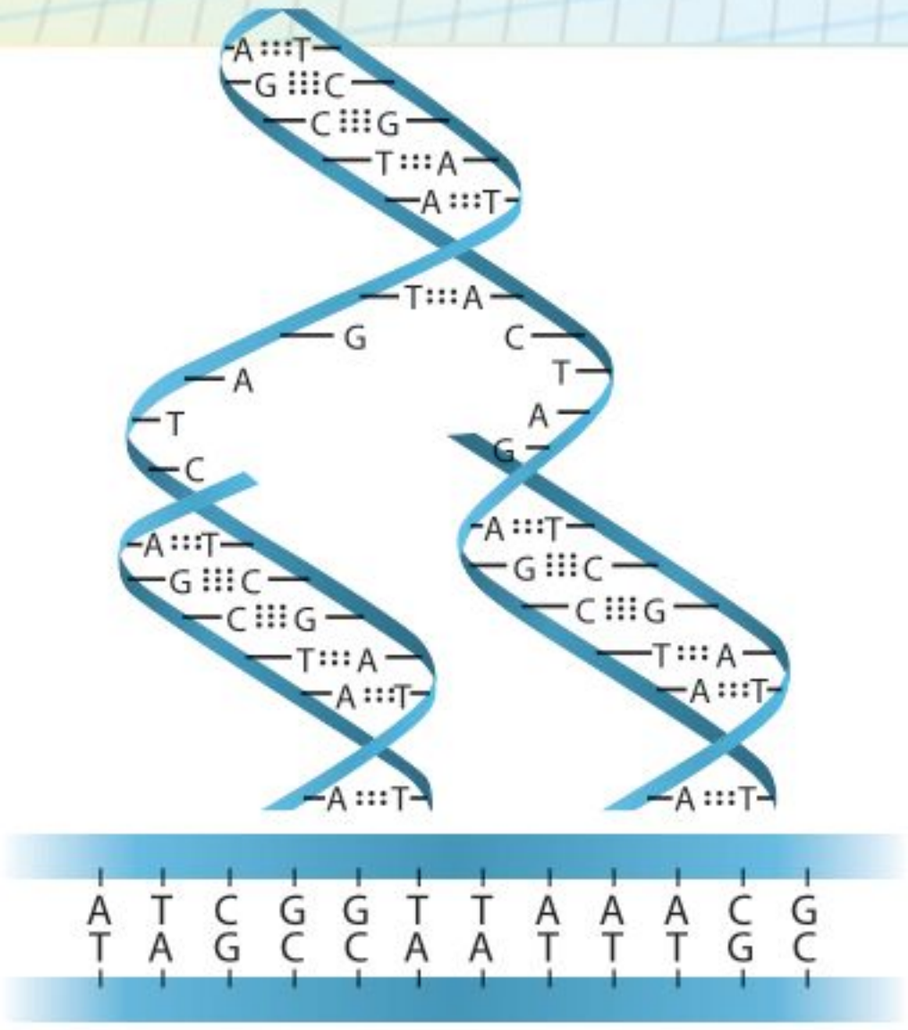
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وظيفة DNA استخدم واطسون وكريك نموذجهما لتوقع كيف يمكن أن يؤدي تركيب DNA الكيميائي وظيفته. يختزن DNA المعلومات الوراثية للخلية في النواة، ويُنسخ DNA قبل انقسام الخلية حتى يحصل الجيل الجديد من الخلايا على المعلومات الوراثية نفسها. وبعد أن قرر واطسون وكريك أن سلسلتي لولب DNA تكمل إحداهما الأخرى، أدركا أن الأزواج القاعدية المتطابقة تنسخ المادة الوراثية للخلية بطريقة آلية. فقواعد DNA النيتروجينية الأربع تتخذ حروفًا أبجدية في لغة تخزين المعلومات للخلايا الحية. ويمثل التسلسل المحدد لهذه الحروف التعليمات الشاملة للمخلوق الحي، كما يحمل تسلسل الحروف في كلمات جملةٍ ما معنًى خاصًّا. ويختلف تسلسل القواعد في كل نوع من المخلوقات الحية، مما يسمح بتنوع ضخم من أشكال الحياة- وكل ذلك عن طريق لغة تستخدم أربعة حروف فقط. و يقدَّر أن DNA الخلية البشرية يحتوي على نحو ثلاثة مليارات زوج من القواعد النيتروجينية المتطابقة، مرتبة في تسلسل خاص بالبشر.

مختبر حل المشكلات

كوّن نموذجًا

كيف يتضاعف DNA؟ يتضاعف DNA قبل انقسام الخلية؛ حيث تحصل كل من الخليتين الجديدتين على مجموعة كاملة من التعليمات الوراثية. وعندما يبدأ DNA في التضاعف، يبدأ شريطا النيوكليوتيد بالانفكاك، ويقوم إنزيم بفك الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية فينفصل الشريطان. كما تقوم إنزيمات أخرى بإيصال نيوكليوتيدات حرة من الوسط المحيط إلى القواعد النيتروجينية المكشوفة، فيرتبط الأدنين بروابط هيدروجينية مع الثايمين، ويرتبط السايتوسين بالجوانين. وهكذا يقوم كل شريط ببناء شريط مكمّل عن طريق مزاوجة القواعد بالنيوكليوتيدات الحرة. وهذه العملية موضحة في الرسم المجاور. وبعد أن يتم ارتباط النيوكليوتيدات الحرة بالروابط الهيدروجينية في أماكنها، تقوم السكريات والفوسفات بالارتباط بروابط تساهمية بالسكريات ومجموعات الفوسفات على النيوكليوتيدات المجاورة لتكوّن عمودًا فقريًّا جديدًا. ويرتبط كل شريط من جزيء DNA الأصلي بشريط جديد.



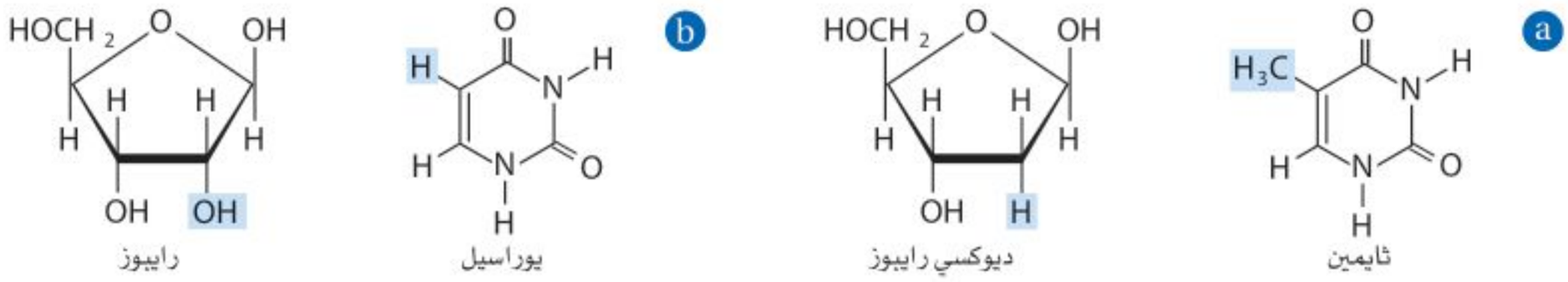
التحليل

يبين الرسم السفلي إلى اليسار قطعة صغيرة من جزيء DNA. انسخ تسلسل القواعد على ورقة نظيفة، وكن حذرًا حتى لا تخطئ في النسخ. وبيّن خطوات التضاعف لإنتاج قطعتين من DNA.

التفكير الناقد

1. **قارن** بين التسلسل في الشريط الذي صُنع حديثًا والتسلسل في الشريط الأصلي الذي يرتبط به.
2. **اشرح** إذا لُونت قطعة DNA الأصلية باللون الأحمر ولوِّنت النيوكليوتيدات الحرة باللون الأزرق، فما نمط الألوان الذي سيكون في قطعة DNA التي تكوّنت حديثًا؟ وهل ستكون جميع القطع الجديدة لها الألوان نفسها؟
3. **اشرح** كيف يمكن أن يتأثر المخلوق الحي إذا حدث خطأ في أثناء تضاعف DNA فيه؟ وهل التأثيرات دائمة؟ وضح إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 23–3 يختلف DNA وRNA من حيث مكوناتهما؛ فالتركيبان عن اليمين موجودان في DNA، أما التركيبان عن اليسار فموجودان في RNA.
حدّد اختلافين في تركيبي RNA و DNA.

RNA

حمض الرايبونيوكلييك حمض نووي، يختلف تركيبه العام عن تركيب DNA في ثلاث طرائق مهمة، كما في **الشكل 23–3**. أولاً أن DNA يحتوي على القواعد النيتروجينية الأدينين، والسايتوسين، والجوانين، والثايمين. في حين يحتوي RNA على الأدينين، والسايتوسين، والجوانين، واليوراسيل. ولا يوجد الثايمين أبدًا في RNA. ثانيًا، يحتوي RNA على سكر الرايبوز، في حين يحتوي DNA على سكر الديوكسي رايبوز الذي يوجد فيه ذرة هيدروجين بدل مجموعة هيدروكسيل في أحد المواقع.

أمّا الفرق الثالث بين DNA وRNA فهو في الشكل؛ إذ يكون DNA عادة على شكل لولب ثنائي؛ حيث تقوم الروابط الهيدروجينية بربط السلسلتين معًا عن طريق قواعدها. في حين يتكون RNA من شريط واحد دون وجود روابط هيدروجينية بين القواعد.

ويخزن DNA المعلومات الوراثية، في حين يمكن RNA الخلايا من استخدام المعلومات الموجودة في DNA. لقد تعلمت أن المعلومات الوراثية للخلية موجودة في تسلسل من القواعد النيتروجينية في جزيء DNA. وأن الخلايا تقوم باستعمال تسلسل القواعد هذا لتكوّن RNA بتسلسل متطابق. ومن ثم يستعمل RNA لصنع بروتينات بتسلسل من الأحماض الأمينية يتقرر بترتيب القواعد النيتروجينية في RNA، وتسمى هذه التسلسلات باسم الشفرة الوراثية. ولما كانت البروتينات هي الأدوات الجزيئية التي تقوم بمعظم النشاطات في الخلية، لذا يعد اللولب المزدوج لـ DNA هو المسؤول في النهاية عن التحكم في آلاف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا.

المطويات
ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

التقويم 3-4

الخلاصة

- الأحماض النووية بوليمرات من النيوكليوتيدات التي تتكون من قاعدة نيتروجينية، ومجموعة فوسفات، وسكر خماسي
- DNA و RNA هي جزيئات تخزين معلومات للخلية.
- يتكون DNA من شريطين، في حين يتكون RNA من شريط واحد.

19. الفكرة الرئيسة اشرح الوظيفة الأساسية لكل من RNA و DNA.

20. **حدّد** المكونات البنائية الخاصة لكل من RNA وDNA.

21. **اربط** وظيفة DNA بتركيبه.

22. **حلّل** تركيب الأحماض النووية، ثم حدّد التركيب الذي يجعلها أحماضًا.

23. **توقع** ماذا يحدث إذا احتوى DNA الذي يحمل شفرة صنع بروتين على تسلسل قواعد خاطئ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

في الميدان

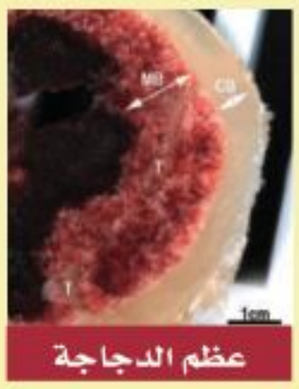
المهنة : عالم البيولوجيا الجزيئية

فحص الحمض يكشف مفاجأة

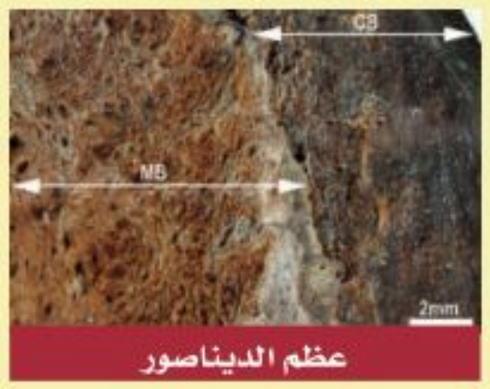
"لا يوجد عالم بيولوجيا جزيئية ذو تفكير صحيح يعمل ما عملته ماري شفايتزر Mary Schweitzer. نحن لا نبذل كل هذا الجهد لإخراج هذه الأشـياء من الأرض لندمرها في حمض". هذا ما قاله أحد زملاء ماري شفايتزر، العالمة التي استخدمت تقنيات البيولوجيا الجزيئية لتكشف نسيجًا لينًا يجب ألا يكون موجودًا في عظم فخذ ديناصور متحجر منذ 68 مليون سنة.

الأم بـوب Mother Bob عندمـا قـام علـماء البيولوجيا الجزيئية باسـتخراج الديناصور المتحجـر الذي أطلق عليه لقب "بوب" عام 2003 م من منطقـة نائية في ولاية مونتانا الأمريكية، وضعـت العظام في غطاء مـن الجبس لحمايتها في أثنـاء عملية النقل. ولكـن كان وزن العظـام والجبس يفـوق قدرة الطائـرة العمودية على حمله، ممـا اضطر علماء البيولوجيا الجزيئية أن يكسروا عظم الفخذ لكي يسـتطيعوا نقـل الديناصور من تلـك المنطقـة النائية. وقـد أخذت شـفايتزر كِسَرًا من عظم الفخذ لدراسـتها دراسة إضافية. وقد جاءت المفاجـأة الأولى بسرعة؛ حيـث كانت "بوب" أنثـى، وكانت تنتـج البيض عنـد وفاتهـا. والعظم الذي درسـته شـفايتزر يسـمى عظمًا نخاعيًّا. وكان هذا النسيج العظمي معروفًا سـابقًا في الطيور فقط، كما في **الشـكل 1**. إذ ينتـج الدجـاج البيّاض العظـم النخاعي، ويسـتعمل لاحقًا الكالسـيوم المخزَّن في العظـم لتكوين قشر البيض. وبعد إنتـاج البيض يختفـي هذا العظم. ويبين **الشـكل 1** العظـم النخاعي الموجـود في عظم الديناصـور "بوب".

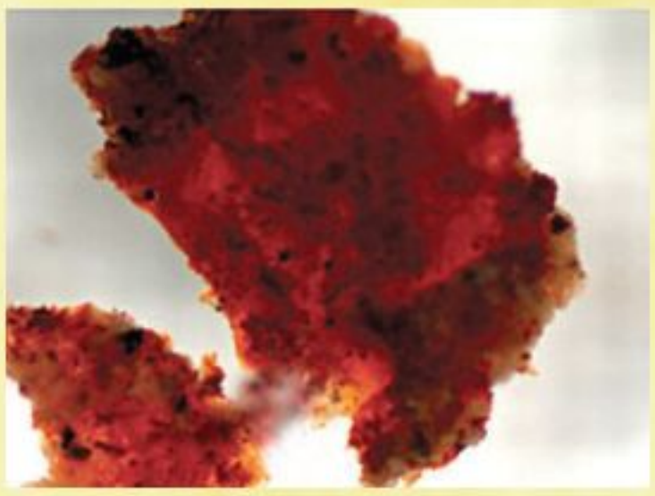
شـكل 1 يحتـوي كل مـن عظـم الدجاجة وعظـم الديناصـور على عظم خارجي قاسٍ يسـمى العظم القشري (CB)، وعظمٍ ألينَ يسمى العظم النخاعي (MB).



عظم الدجاجة



عظم الديناصور



شكل 2 وجد العلماء أيضًا أوعية دموية وخلايا منفردة في النسيج اللين للديناصور.

الاختبار الحمضي The Acid Test لدراسة العظم النخاعي عن كثب أذابت شـفايتزر كِسَرًا من العظم في حمض مخفف للتخلص من فوسـفات الكالسـيوم، وهذه تقنية تستعمل عادة في فحص النسيج الحديث. ولما كان العظم المتحجر قد تحوّل عـادة إلى مادة معدنية، لذا كان يُفترض أن يذوب كليًّا في الحمض المخفف، إلا أن هذه الخطوة أعطت نتائج مذهلة؛ إذ وجد نسـيج لين داخل العظم. وقد ظهر تحت المجهر أن هذا النسـيج عبارة عن أوعية دموية محفوظة، بالإضافة إلى خلايا منفردة، كما في **الشكل 2**.

ولكن كيف يمكن أن يبقى النسيج طريًّا مدة 68 مليون سنة في الأرض؟

المزيـد من العمل More Work قامت شـفايتزر بعد ذلك بفحص عظام أخـرى بالاختبار الحمضي نفسـه ووجدت نسيجًا لينًا وتراكيب دقيقة مشابهة. ولا يعلم أحد حتى الآن مـا الذي تظهره هذه التراكيب الدقيقـة. إلا أن أحد العلماء يقول: "ربـما تكون هناك أشـياء كثيرة غفلنا عنها بسـبب افتراضنا كيف تحدث عملية الحفظ"، ومن الواضح أن ذلك يتطلب المزيد من البحث.

الكتابة في الكيمياء

كتابة للاقناع من غير المحتمل أن يوجد DNA الديناصور في هذه الأنسجة اللينة. وعلى الرغم من ذلك فإن هذا الاكتشاف يثير السؤال الآتي: هل يمكن استنساخ الحيوانات المنقرضة من DNA الذي يتم الحصول عليه؟ اكتب مقالة إقناعية تعبر فيها عن رأيك حول هذا السؤال.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

فعل الإنزيم ودرجة الحرارة

الخلفية النظرية الإنزيمات عوامل محفزة طبيعية تستعملها المخلوقات الحية لتسريع التفاعلات، ولهذه البروتينات تراكيب متخصصة تمكّنها من التفاعل مع مواد محددة.

سؤال كيف تؤثر درجة الحرارة في عمل الإنزيمات؟

المواد والأدوات اللازمة

لب البطاطس الحمراء	مخبار مدرج 25 mL
فوق أكسيد الهيدروجين ($3\% H_2O_2$)	مقياس درجة حرارة
ماء	مسطرة
كأس سعتها 250 mL عدد 4	قطع ثلج
أنبوب اختبار عدد 4	ساعة
حامل أنابيب اختبار	سخان كهربائي
ماسك أنابيب اختبار	كبدة طازجة ونيئة

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اكتب فرضية تحدد درجة الحرارة التي تكون الإنزيمات عندها أكثر نشاطًا.
3. انسخ جدول البيانات على ورقة منفصلة.
4. ضع أنابيب الاختبار الأربعة في حامل الأنابيب.
5. ضع 2.0 mL من معجون لب البطاطس في كل أنبوب اختبار.
6. مستعملًا السخان الكهربائي والثلج جهز أربع كؤوس عند درجات حرارة مختلفة؛ تحتوي الأولى على ماء مثلج، والثانية على ماء في درجة حرارة الغرفة، والثالثة على ماء في درجة حرارة الجسم، والرابعة على ماء في درجة الغليان (100 °C) أو قريبًا منها.
7. ضع أنبوب اختبار واحدًا في كل من الكؤوس الأربع مستخدمًا ماسك أنابيب الاختبار.
8. قس درجة حرارة كل كأس وسجّلها.
9. قس بعد 5 min من وضع الأنابيب في الكؤوس 5.0 mL من $3\% H_2O_2$، وضعها في كل أنبوب اختبار.
10. دع التفاعل يستمر مدة 5 min.
11. قس ارتفاع الرغوة الناتجة في كل أنبوب.
12. اغسل الأنابيب بعد التخلص من محتوياتها.
13. أعد الخطوات من 4 إلى 12 مستعملًا 2 mL من معجون الكبد بدلاً من معجون لب البطاطس.

جدول البيانات

حوض ماء	درجة الحرارة (°C)	ارتفاع الرغوة (cm)
البطاطس		
ماء مثلج		
ماء في درجة حرارة الغرفة		
ماء في درجة حرارة الجسم		
ماء مغلي (قريب من 100 °C)		
الكبد		
ماء مثلج		
ماء في درجة حرارة الغرفة		
ماء في درجة حرارة الجسم		
ماء مغلي (قريب من 100 °C)		

14. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص مما تبقى من المحاليل بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل أدوات المختبر، وأعدها إلى أماكنها المخصصة.

التحليل والاستنتاج

1. **الرسوم البيانية واستعمالها** مثّل البيانات بالأعمدة واضعًا درجة الحرارة على محور السينات وارتفاع الرغوة على محور الصادات، واستعمل لونًا مختلفًا لكل من بيانات البطاطس، والكبد، وأعمدتها.
2. **لخص** كيف تؤثر درجة الحرارة في عمل الإنزيمات؟ واستنتج لماذا كان التفاعل الأنشط في درجة الحرارة التي وجدتها؟
3. **السبب والنتيجة** أيّ الأنابيب كانت فيها الرغوة لكل من البطاطس والكبد هي الأقل؟ اقترح تفسيرًا لما حدث.
4. **قارن** هل أيّدت البيانات المختبرية فرضيتك في الخطوة 2؟ وضح إجابتك.
5. **نموذج** اكتب معادلة موزونة لتَحَلُّل فوق أكسيد الهيدروجين لكل تفاعل. كيف يتشابه التفاعلان؟ ولماذا؟
6. **تحليل الخطأ** حدّد مصادر الخطأ المحتملة لهذه التجربة، واقترح طرائق لتصحيحها.

الاستقصاء

صمّم تجربة هل يؤثر التغير في pH في النتائج؟ صمّم تجربة لتكتشف الإجابة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تقوم المركبات العضويــة الحيوية: البروتينات، والكربوهيدرات، والليبيدات بالأنشــطة الضرورية للخلايا الحية.

3-1 البروتينات

الفكرة الرئيسة تؤدي البروتينات وظائف ضرورية تشــمل تنظيم التفاعلات الكيميائيــة، والدعم البنائي، ونقل المــواد، وتقلصات العضلات.

المفردات

- البروتينات
- الأحماض الأمينية
- الرابطة الببتيدية
- الببتيدات
- تغير الخواص الطبيعية
- الإنزيمات
- المادة الخاضعة لفعل الإنزيم
- الموقع النشط

المفاهيم الرئيسة

- البروتينات بوليمرات حيوية تتكون من أحماض أمينية ترتبط بروابط ببتيدية.
- تنطوي سلاســل البروتينات مكوّنة تراكيــب معقدة ثلاثية الأبعاد.
- للبروتينات وظائف عديدة في جسم الإنسان ، منها: وظائف داخل الخلايا، وأخرى بينها، ووظائف دعم بنائي.

3-2 الكربوهيدرات

الفكرة الرئيسة تزود الكربوهيــدرات المخلوقات الحيــة بالطاقة والمواد البنائية.

المفردات

- الكربوهيدرات
- السكريات الأحادية
- السكريات الثنائية
- السكريات عديدة التسكر

المفاهيم الرئيسة

- الكربوهيدرات مركبات تحتوي على مجموعات هيدروكسيل (–OH) متعددة، ومجموعة الكربونيل الوظيفية (C=O).
- يتراوح حجم الكربوهيدرات بين وحدات بناء أساسية مفردة إلى بوليمرات تتكون من مئات أو آلاف الوحدات الأساسية.
- توجد الســكريات الأحاديــة في المحاليل المائيــة في تراكيب حلقية ومفتوحة السلسلة.

3-3 الليبيدات

الفكرة الرئيسة تكوّن الليبيداتُ الأغشيةَ الخلويةَ، وتختزن الطاقة، وتنظم العمليات الخلوية.

المفردات

- الليبيدات
- الأحماض الدهنية
- الجليسريدات الثلاثية
- التصبُّن (صناعة الصابون)
- الليبيدات الفوسفورية
- الشموع
- الستيرويدات

المفاهيم الرئيسة

- الأحماض الدهنية أحماض كربوكسيلية طويلة السلاسل تحوي عادة ما بين 12 و 24 ذرة كربون.
- لا تحتوي الأحماض الدهنية المشبعة على روابط ثنائية؛ في حين تحتوي الأحماض الدهنية غير المشبعة على رابطة ثنائية أو أكثر.
- يمكــن أن ترتبــط الأحمــاض الدهنية بالجليــسرول لتكوّن الجليسريد الثلاثي.
- الستيرويدات ليبيدات تحتوي على تراكيب متعددة الحلقات.

3-4 الأحماض النووية

الفكرة الرئيسة تختزن الأحماض النووية المعلومات الوراثية وتنقلها.

المفردات

- الحمض النووي
- النيوكليوتيد

المفاهيم الرئيسة

- الأحماض النووية بوليمرات من النيوكليوتيدات التي تتكون من قاعدة نيتروجينية، ومجموعة فوسفات، وسكر خماسي.
- DNA و RNA جزيئات تخزين معلومات للخلية.
- يتكــون DNA من شريطــين، في حين يتكــون RNA من شريط واحد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3-1

إتقان المفاهيم

24. ماذا تُسمى السلسلة المكوّنة من ثمانية أحماض أمينية؟ والسلسلة المكوّنة من 200 حمض أميني؟

25. سمِّ نوعين من المجموعات الوظيفية التي تتفاعل معًا لتكوين رابطة ببتيدية، وسمِّ أيضًا المجموعة الوظيفية في الرابطة الببتيدية نفسها.

26. استعمل الرموز المبينة لتمثيل تراكيب أربعة أحماض أمينية مختلفة، لرسم تراكيب أربعة ببتيدات ممكنة يتكون كل منها من أربعة أحماض أمينية يمكن ربطها بترتيبات مختلفة:

الحمض الأميني 1: ■ الحمض الأميني 3: ◆

الحمض الأميني 2: ▲ الحمض الأميني 4: ●

27. تشريح جسم الإنسان سمِّ خمسة أجزاء من الجسم تحتوي على بروتينات بنائية.

28. عدّد أربع وظائف رئيسة للبروتينات، وأعط مثالاً واحدًا على بروتين يقوم بكل وظيفة من هذه الوظائف.

29. صف شكلين شائعين لتركيب البروتين الثلاثي الأبعاد.

30. سمِّ المجموعات الوظيفية في السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية الآتية:

a. الجلوتامين

b. السيرين

c. حمض الجلوتاميك

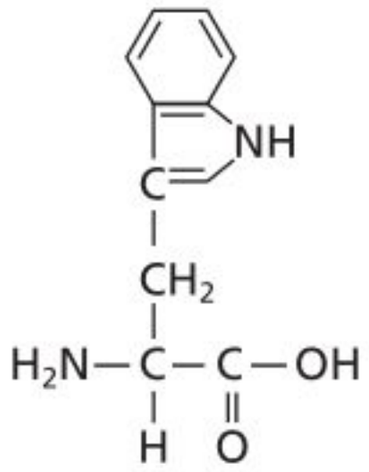
d. اللايسين

31. اشرح كيف يعمل الموقع النشط للإنزيم.

32. أعطِ مثالاً على حمض أميني له حلقة أروماتية في سلسلته الجانبية.

33. سمِّ حمضين أمينيين لا قطبيين، وآخرين قطبيين.

34. التركيب المبين في **الشكل 24-3** للتريبتوفان. صف بعض الخواص التي تتوقعها للتريبتوفان، بناءً على تركيبه. وإلى أي المركبات العضوية الحيوية ينتمي التريبتوفان؟ وضح إجابتك.



الشكل 24-3

35. هل ثنائي ببتيد اللايسين- الفالين هو المركب ثنائي ببتيد الفالين – اللايسين نفسه؟ وضح إجابتك.

36. إنزيمات كيف تخفّض الإنزيمات طاقة التنشيط لتفاعلٍ ما؟

37. كيمياء الخلية معظم البروتينات ذات الشكل الكروي موجهة، بحيث تكون معظم أحماضها الأمينية اللاقطبية في الجهة الداخلية والأحماض القطبية موجودة على السطح الخارجي. فهل يمكن أن يكون ذلك معقولاً من حيث طبيعة بيئة الخلية؟ وضح إجابتك.

إتقان حل المسائل

38. بكم طريقة يمكنك ترتيب ثلاثة أو أربعة أو خمسة أحماض أمينية مختلفة في الببتيد؟

39. كم رابطة ببتيدية توجد في ببتيد يحوي خمسة أحماض أمينية؟

40. البروتينات متوسط الكتلة المولية لحمض أميني في ببتيد متعدد هو 110. فما الكتلة المولية التقريبية للبروتينين الآتيين؟

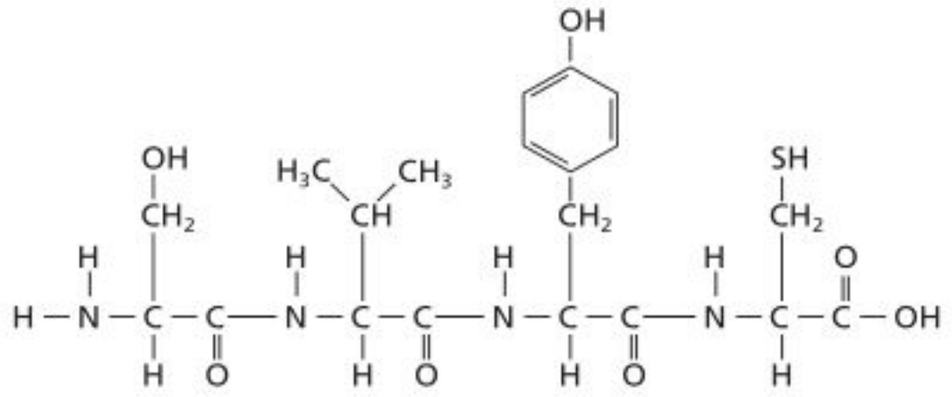
a. الأنسولين (51 حمضًا أمينيًّا)

b. المايوسين (1750 حمضًا أمينيًّا)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

41. حدّد عدد الأحماض الأمينية والروابط الببتيدية التي توجد في الببتيد المبين في **الشكل 25-3**.



الشكل 25-3

42. معدل الكتلة المولية لحمض أميني هو 110 g/mol، احسب عدد الأحماض الأمينية التقريبي في بروتين كتلته المولية 36,500 g/mol

3-2

إتقان المفاهيم

43. الكربوهيدرات صنّف الكربوهيدرات الآتية إلى سكريات أحادية، أو ثنائية، أو عديدة التسكر:

a. النشا
b. الجلوكوز
c. السكروز
d. الرايبوز
e. السليلوز
f. الجلايكوجين
g. الفركتوز
h. اللاكتوز

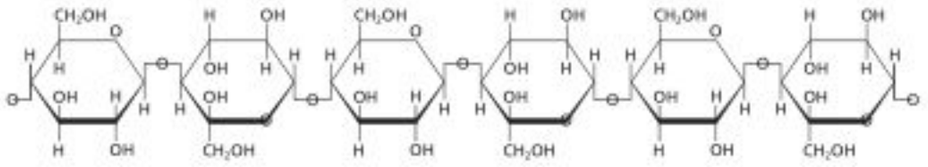
44. سمِّ متشكلين للجلوكوز.

45. ما نوع الرابطة التي تتكون عند اتحاد سكرين أحاديين لتكوين سكر ثنائي؟

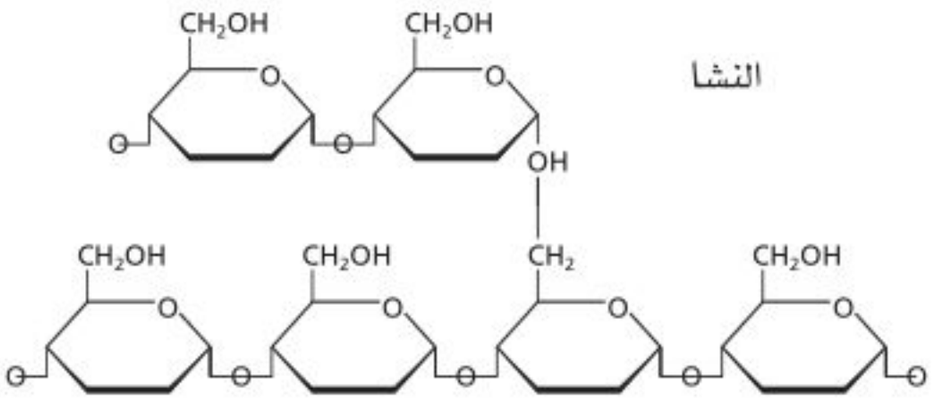
46. السكريات أعط مصطلحًا علميًّا لكل مما يأتي:

a. سكر الدم
b. سكر المائدة
c. سكر الفاكهة
d. سكر الحليب

47. السليلوز والنشا قارن بين التراكيب الجزيئية للسليلوز والنشا المبينة في **الشكل 26-3**.



السليلوز



النشا

الشكل 26-3

48. الكيمياء في النباتات قارن بين وظائف النشا والسليلوز في النباتات، ووضح أهمية التركيب الجزيئي لكل منهما بالنسبة لوظيفته.

49. استنتج كيف تعطي الاختلافات في ترتيبات الروابط في السليلوز والنشا خواص مختلفة؟

50. يتكون السكر الثنائي المالتوز من وحدتي جلوكوز. ارسم تركيبه.

51. لماذا يُنتج تميّه السليلوز، والجلايكوجين، والنشا سكرًا أحاديًّا واحدًا فقط؟ وما السكر الأحادي الذي ينتج؟

52. الهضم لماذا لا يمكن أن يتحلل السكر الثنائي أو العديد التسكر عند عدم وجود الماء؟ دعّم إجابتك بمعادلة.

53. ارسم تراكيب الفركتوز عندما يكون في صورة سلسلة مفتوحة. ضع دائرة حول كل ذرة كربون غير متماثلة، ثم احسب عدد المتشكلات الفراغية التي لها صيغة الفركتوز نفسها.

54. السكريات قارن بين الجلوكوز والفركتوز من حيث الصيغة الجزيئية والكتلة المولية والمجموعات الوظيفية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

55. منظور تاريخي الكربوهيدرات ليست هيدرات الكربون كما يوحي الاسم بذلك. اشرح كيف حدث هذا المفهوم غير الصحيح.

إتقان حل المسائل

56. الكربوهيدرات المعقدة الستاكيوز سكر رباعي يحتوي على وحدتي D- جالاكتوز، ووحدة D- جلوكوز، ووحدة D- فركتوز. والكتلة المولية لكل وحدة سكر هي 180 g/mol قبل ارتباطها معًا في هذا السكر الرباعي. فإذا كان جزيء ماء واحد يتحرر مقابل كل وحدتي سكر ترتبطان معًا، فما الكتلة المولية للستاكيوز؟

3-3

إتقان المفاهيم

57. قارن بين تركيبي الجليسريد الثلاثي والليبيد الفوسفوري.

58. توقع أيهما تكون درجة انصهاره أعلى: الجليسريد الثلاثي المأخوذ من دهن البقر، أو الجليسريد الثلاثي المأخوذ من زيت الزيتون؟ فسّر إجابتك.

59. الصابون والمنظفات اشرح كيف أن تركيب الصابون يجعله عامل تنظيف فعّالاً؟

60. ارسم جزءًا من غشاء ليبيدي ذي طبقتين، وأشر إلى الأجزاء القطبية وغير القطبية من الغشاء.

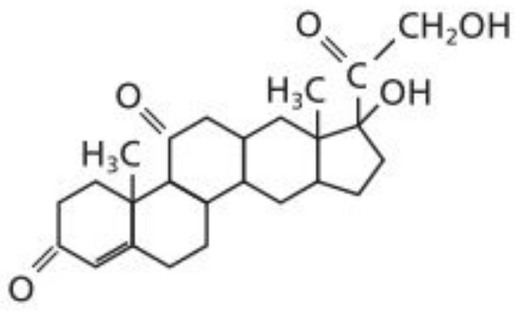
61. أين تُختزن الأحماض الدهنية في جسم الإنسان؟ وفي أي صورة؟

62. ما نوع الليبيد الذي لا يحتوي على سلاسل أحماض دهنية؟ ولماذا تُصنّف هذه المركبات على أنها ليبيدات؟

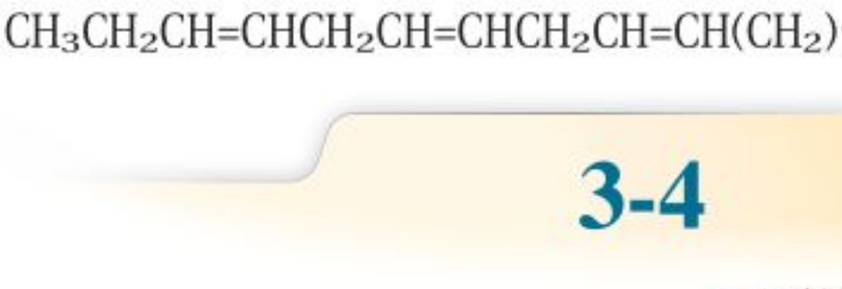
63. الصابون ارسم تركيب صابون بالمتات الصوديوم. (البالمتات هي القاعدة المرافقة للحمض الدهني المشبع ذي 16 ذرة كربون والمعروف باسم حمض البالمتيك)، وأشر إلى طرفيه: القطبي واللاقطبي.

64. حدّد هل يعد كل تركيب مما يأتي: حمضًا دهنيًّا، أو جليسريد ثلاثيًّا، أو ليبيد فوسفوريًّا، أو ستيرويد، أو شمعًا؟ فسّر إجابتك.

a.



b.



إتقان حل المسائل

65. إذا كانت كثافة حمض البالمتيك الدهني 0.853g/mL عند 62 °C، فما كتلة عينة من حمض البالمتيك حجمها 0.886 L عند درجة الحرارة نفسها؟

66. الدهون غير المشبعة كم مولاً من غاز الهيدروجين تتطلبه هدرجة تامة لـ 1 mol من حمض اللينولينيك؟ اكتب معادلة موزونة لتفاعل الهدرجة. علمًا بأن الصيغة الكيميائية لحمض اللينولينيك هي:

$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

3-4

إتقان المفاهيم

67. ما التراكيب الثلاثة التي تكوّن النيوكليوتيد؟

68. سمِّ حمضين نوويين موجودين في المخلوقات الحية.

69. اشرح دور DNA و RNA في إنتاج البروتينات.

70. أين يوجد DNA في الخلايا الحية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

71. صف أنــواع الروابط والتجاذبــات التي تربط وحدات البناء الأساسية معًا في جزيء DNA.

الشكل 27-3

72. صنّف التركيــب النووي المبين في **الشــكل 27-3** إلى DNA أو RNA، فسّر إجابتك.

73. ترتبط القاعدة جوانــين في تركيب DNA ثنائي اللولب دائمًا بالسايتوســين، ويرتبط الأدنين دائمًا بالثايمين. فماذا تتوقع أن تكون النســب بين كميــات C وT وA و G في طول معين من DNA؟

74. نســخ DNA يحتوي أحد أشرطة جزيء DNA الترتيب القاعدي التالي. فما تعاقب القواعد على الشريط الآخر في جزيء DNA؟

C–C–G–T–G–G–A–C–A–T–T–A

75. العمليــات الحيوية قــارن بين التفاعــلات الكلية للبناء الضوئــي والتنفس الخلــوي من حيث المــواد المتفاعلة، والنواتج، والطاقة.

إتقان حل المسائل

76. الشــفرة الوراثية هي شــفرة ثلاثيــة؛ أي أنه تعاقب من ثــلاث قواعد في RNA يــدل على كل حمــض أميني في سلسلة ببتيدية أو بروتين. ما عدد قواعد RNA الضرورية للدلالة على بروتين يحتوي على 577 حمضًا أمينيًّا؟

77. مقارنات DNA تحتوي خلية البكتيريا إيشيريكياكولاي أو (إي كــولاي) E.coli عــلى 4.2×106 زوجًــا من قواعد DNA، في حــين تحتوي كل خلية بشرية على نحو 3×10^9 زوجًا من قواعد DNA. ما النســبة المئوية التي يمثلها DNA في إيشيريشــياكولاي بالنسبة إلى الخريطة الوراثية البشرية؟

78. كم جرامًا من الجلوكوز يمكن أن يتأكســد كليًّا بـ 2.0 L من غاز O_2 في الظروف المعيارية في أثناء التنفس الخلوي؟

79. الطاقة احسب مجموع الطاقة بوحدة kJ التي تتحول إلى ATP في أثناء عمليات التنفس الخلوي والتخمر، وقارن بينها.

مراجعة عامة

80. ارســم مجموعات الكربونيــل الوظيفيــة في الجلوكوز والفركتوز. فيم تتشابه هذه المجموعات، وفيم تختلف؟

81. ســمِّ وحدات البناء الأساســية التي تكــوّن البروتينات والكربوهيدرات المركبة.

82. صف وظائف البروتينات، والكربوهيدرات، والليبيدات، في الخلايا الحية.

83. اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تميه اللاكتوز.

84. اكتــب معادلة موزونة لتركيب الســكروز من الجلوكوز والفركتوز.

التفكير الناقد

85. احســب يتكــون 38 mol تقريبًــا مــن ATP عند التأكســد الكامــل للجلوكــوز في أثنــاء التنفــس الخلوي. فــإذا كانت حــرارة الاحــتراق لمــول واحــد مــن الجلوكــوز تســاوي 2.82×10^3 kJ /mol ، وكل مــول مــن ATP يختــزن 30.5 kJ من الطاقة، فما كفاءة التنفس الخلوي بدلالة النسبة المئوية من حيث الطاقة المتاحة المخزونة في روابط ATP الكيميائية؟

86. تعرّف الســبب والنتيجة تقترح بعــض الأنظمة الغذائية تحديدًا شــديدًا لكمية الليبيدات، فلــماذا لا يُعد حذف الليبيدات من الغذاء كليًّا فكرة جيدة؟

87. الرســوم البيانية واســتعمالها يبين **الجدول 2-3** عددًا من الأحماض الدهنية المشبعة وقيم بعض خواصها الفيزيائية.

a. مثّل بيانيًّا عدد ذرات الكربون ودرجة الانصهار.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 3

b. مثّل بيانيًّا عدد ذرات الكربون والكثافة.

c. استنتج العلاقات بين عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني وكثافته ودرجة انصهاره.

d. توقع درجة الانصهار التقريبية لحمض دهني مشبع فيه 24 ذرة كربون.

الجدول 2-3 الخواص الفيزيائية لبعض الأحماض الدهنية المشبعة

الاسم	عدد ذرات الكربون	درجة الانصهار (°C)	الكثافة (g/ml) (عند 60-80 °C)
حمض البالمتيك	16	63	0.853
حمض الميريستيك	14	58	0.862
حمض الأراكيديك	20	77	0.824
حمض الكابريليك	8	16	0.910
حمض الدوكوسانويك	22	80	0.822
حمض الستيريك	18	70	0.847
حمض اللوريك	12	44	0.868

مسألة تحفيز

88. احسب كم مولاً من ATP يمكن أن ينتج الجسم البشري من السكر الموجود في 28 kg من التفاح الأحمر. استخدم الإنترنت للحصول على معلومات لحل المسألة.

مراجعة تراكمية

89. حدد الحمض والقاعدة في المواد المتفاعلة لكل مما يلي:

a. $HBr + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Br^-$

b. $NH_3 + HCOOH \rightarrow NH_4^+ + HCOO^-$

c. $HCO_3^- + H_2O \rightarrow CO_3^{2-} + H_3O^+$

90. ما الخلية الجلفانية؟

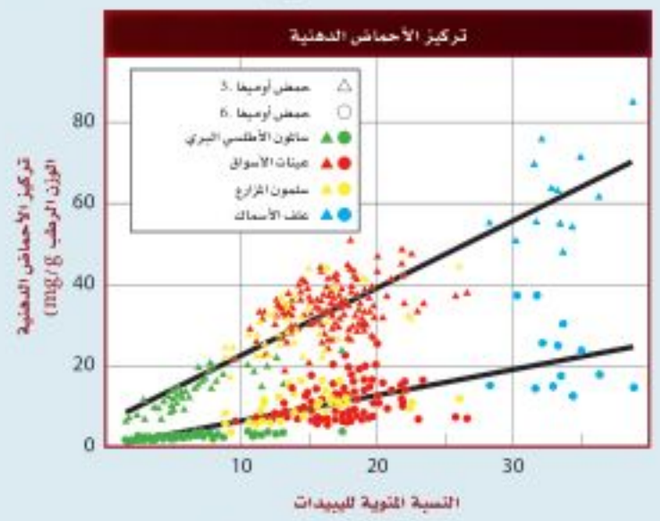
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

91. **الكولسترول** استعمل المكتبة أو الإنترنت لعمل بحث عن الكولسترول، واكتب مقالة صحفية تتعلق بالكولسترول موجهة إلى القرّاء في سن المراهقة. وتأكد من الإجابات عن الأسئلة الآتية في المقالة: أين يستعمل هذا المركب في جسمك؟ ما وظيفته؟ لماذا يعد الإكثار من الكولسترول في الغذاء غير مناسب؟ هل الوراثة عامل في ارتفاع الكولسترول؟

أسئلة المستندات

الأحماض الدهنية أوميجا- 3 وأوميجا- 6 أحماض دهنية أخذت أسماؤها من تراكيبها. فهي تحتوي على رابطة ثنائية إما على بعد 3 ذرات كربون أو 6 ذرات كربون من نهاية سلسلة الحمض الدهني. وتأثير هذه الأحماض الدهنية مفيد في الصحة؛ لأنها تخفض مستويات الكولسترول السيئ، وترفع مستويات الكولسترول الجيد في الدم. لقد دُرست مستويات الأحماض الدهنية أوميجا -3 وأوميجا -6 في سمك السلمون من ثلاثة مصادر مختلفة، وفي الغذاء المستعمل في مزارع السلمون أيضًا. ويبين **الشكل 28-3** النسبة المئوية للأحماض الدهنية أوميجا-3 وأوميجا-6 مقارنة بمجموع كمية الليبيدات في العينات.



الشكل 28-3

92. أي أنواع الأسماك احتوى على أكبر كمية من الأحماض الدهنية أوميجا؟

93. بناءً على هذه الدراسة، أي أنواع السلمون تنصح به لشخص يريد الإكثار من كمية الأحماض الدهنية أوميجا-3 وأوميجا-6 في غذائه؟

94. استنتج من الرسم البياني لماذا يحتوي سلمون المزارع والأسواق الكبرى على كمية من الأحماض الدهنية أوميجا-3 وأوميغا-6 أكبر من تلك الموجودة في السلمون البري؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي لا ينطبق على الكربوهيدرات؟

a. توجد السكريات الأحادية باستمرار بين التركيب الحلقي وتركيب السلسلة المفتوحة.

b. ترتبط السكريات الأحادية في النشا بنفس نوع الروابط التي ترتبط بها في اللاكتوز.

c. لجميع الكربوهيدرات الصيغة العامة $C_n(H_2O)_n$.

d. تقوم النباتات فقط بصنع السليلوز، ويهضمه الإنسان بسهولة.

2. أي مما يلي غير صحيح فيما يتعلق بالأحماض النووية RNA و DNA؟

a. يحتوي DNA على السكر الرايبوزي منقوص الأكسجين، بينما يحتوي RNA على السكر الرايبوزي.

b. يحتوي RNA على القاعدة النيتروجينية اليوراسيل، بينما لا يحتوي DNA على ذلك.

c. يتكون RNA من شريط مفرد، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج.

d. يحتوي DNA على القاعدة النيتروجينية الأدنين، بينما لا يحتوي RNA على ذلك.

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 3 و 4.

بيانات النيوكليوتيدات لعينات من DNA

العينة	محتوى كل نيوكليوتيد	A	G	C	T
I	العدد	195	?	231	?
	النسبة	20.8	?	29.2	?
II	العدد	?	402	?	?
	النسبة	?	32.5	?	?
III	العدد	?	?	194	234
	النسبة	?	?	22.7	27.3
IV	العدد	266	203	?	?
	النسبة	28.4	21.6	?	?

3. ما النسبة المئوية للثايمين (T) في العينة IV؟

a. 28.4%

b. 78.4%

c. 71.6%

d. 21.6%

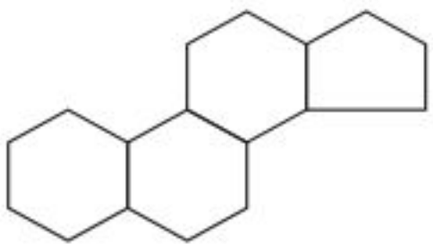
4. ما عدد جزيئات السايتوسين في جزيء واحد من العينة (II)؟

a. 402

b. 434

c. 216

d. 175



5. تمثل الصيغة أعلاه:

a. سليلوز

b. نشا

c. بروتين

d. ستيرويد

6. تعد الأحماض الأمينية الوحدات البنائية في:

a. الكربوهيدرات

b. الأحماض النووية

c. الليبيدات

d. البروتينات

7. يتكون السكروز من:

a. جزيئات من الفركتوز

b. جزيئات من الجلوكوز

c. جزيء من الفركتوز وآخر من الجلوكوز

d. جزيء من الفركتوز وآخر من الجالاكتوز

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

8. الجلايكوجين من السكريات عديدة التسكر التي تستخدم لتخزين الطاقة في:

a. الحيوانات

b. النباتات

c. الفطريات

d. البكتيريا

9. يعد الجلوكوز والفركتوز من السكريات:

a. الأحادية

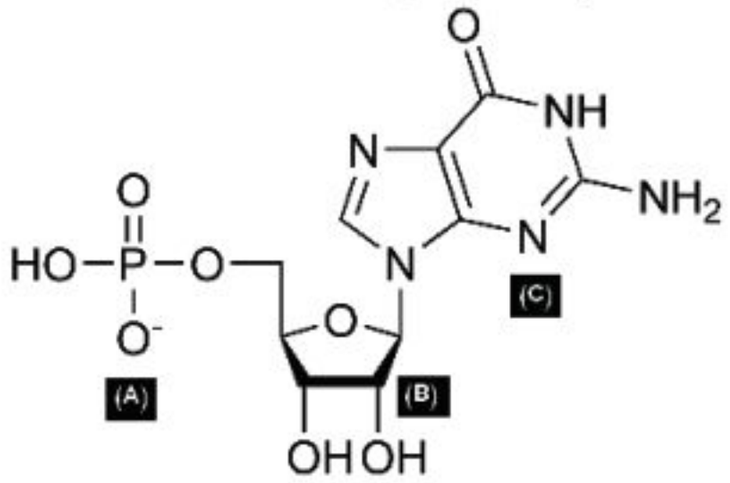
b. الثنائية

c. السداسية

d. عديدة التسكر

أسئلة الإجابات القصيرة

10. يحدد ترتيب القواعد النيتروجينية في RNA ترتيب الأحماض الأمينية المكوّنة للبروتين؛ فمثلاً الشفرة الوراثية CAG خاصة بالحمض الأميني الجلوتامين. ما عدد الأحماض الأمينية التي يمكن تشفيرها في شريط من RNA الذي يتكون من 2.73×10^4 قاعدة نيتروجينية؟



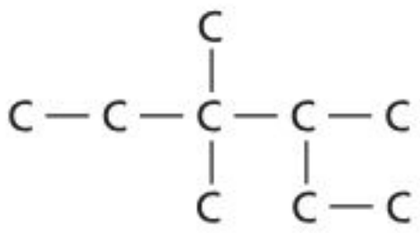
11. استخدم الشكل أعلاه في الإجابة عما يلي:

a. ما الذي يمثله الشكل؟

b. ما الذي تمثله الأجزاء المشار إليها بالأحرف A، B، C؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 12.



12. سجل أحد الطلاب اسم الألكان الممثل بالسلسلة الكربونية أعلاه كما يلي: 2 – ايثيل 3، 3 – ثنائي ميثيل بنتان. هل إجابة زميلك صحيحة؟ إذا لم تكن صحيحة فما الاسم الصحيح لهذا المركب؟

13. قارن بين المركبات الأليفاتية، والمركبات الأروماتية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل

4 الغازات Gases

الفكرة العامة تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

4-1 قوانين الغازات

الفكرة الرئيسة إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

4-2 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسة يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

4-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

حقائق كيميائية

- درجة حرارة الهواء في المنطاد كافية لغلي الماء.
- استخدم العالم جوزيف جاي- لوساك في القرن التاسع عشر منطاد الهواء الساخن في أبحاثه وتجاربه، في حين استخدم العالم جاك شارل منطاد الهيدروجين في تجاربه.
- يحتوي منطاد الهواء الساخن في المتوسط على2.5 مليون لتر من الغاز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تؤثر درجة الحرارة في حجم الغاز؟

تعمل شعلة المنطاد ـ انظر الصفحة اليمنى ـ على رفع درجة حرارة الهواء داخله ليبقى محلقًا في الجو.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. انفخ بالونًا ثم اربطه.
3. اسكب ماءً باردًا في دلو إلى منتصفه، ثم أضف إليه قطع من الثلج.
4. استخدم خيطًا لقياس محيط البالون في درجة حرارة الغرفة.
5. حرك الماء والثلج في الدلو جيدًا، حتى تثبت درجة حرارته، ثم اغمر البالون في الماء والثلج مدة 15 دقيقة.
6. أخرج البالون من الماء، ثم قس محيطه.

التحليل

1. صف ما حدث لحجم البالون عندما غُمر في حوض الماء والثلج.
2. توقع ما يحدث لحجم البالون لو كان الدلو يحتوي ماءً ساخنًا.

استقصاء ماذا يحدث إذا ملأت البالون بالهيليوم بدلاً من الهواء، وأجريت التجربة مرة أخرى؟

المطويات
منظمات الأفكار

قوانين الغاز اعمل المطويات الآتية لتساعدك على تنظيم دراسة قوانين الغاز.

الخطوة 1 أحضر ثلاث ورقات، وضع بعضها فوق بعض، ودع حوافها العليا متباعدة رأسيًّا بمقدار 2 cm

الخطوة 2 اثن الأطراف السفلية للأوراق على أن تكوّن خمس طيات متساوية. ثم اضغط على الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

الخطوة 3 ثبت المطوية، كما في الشكل، وعنون الطيات على النحو الآتي: قوانين الغاز، بويل، شارل، جاي–لوساك، القانون العام، قانون الغاز المثالي.

المطويات

استخدم هذه المطوية في أثناء قراءة القسمين 1–4 و 2–4. لخص قوانين الغازات بكلماتك الخاصة.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–1

الأهداف

- **تكتب** العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار ثابت من الغاز.
- **تطبق** قوانين الغاز على المسائل التي تتضمن الضغط ودرجة الحرارة والحجم لمقدار محدّد من الغاز.

مراجعة المفردات

القانون العلمي: يصف علاقةً في الطبيعة تدعمها عدة تجارب.

المفردات الجديدة

قانون بويل

الصفر المطلق

قانون شارل

قانون جاي – لوساك

القانون العام للغازات

قوانين الغازات The Gas Laws

الفكرة الرئيسة إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أو الحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

الربط مع الحياة ماذا يحدث لغاز في بالون إذا قلّلت حجمه بالضغط عليه؟ ستشعر بزيادة في المقاومة، وقد تشاهد انتفاخًا في جزء من البالون.

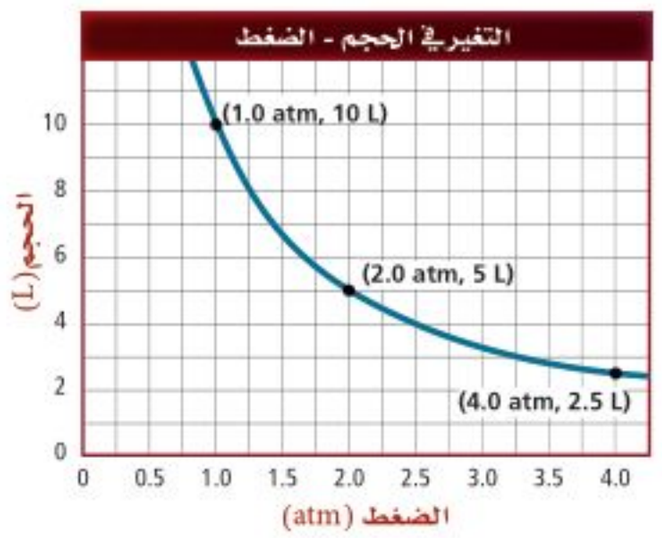
قانون بويل Boyle's Law

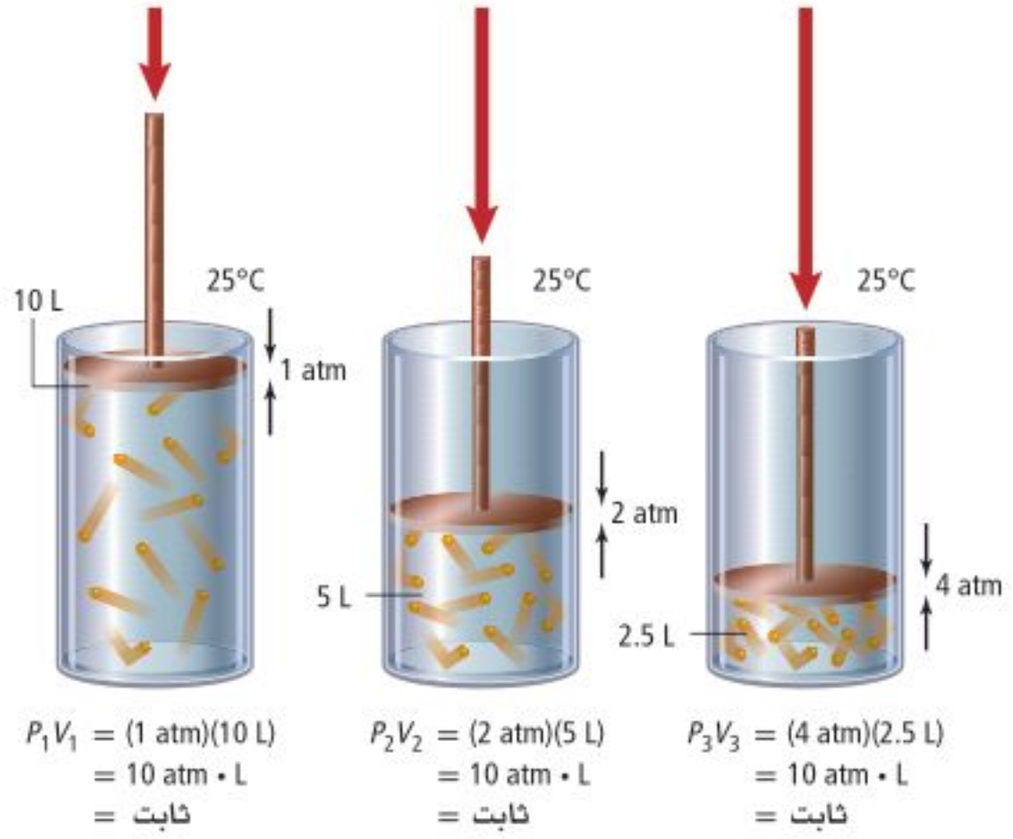
ضغط الغاز وحجمه مترابطان. وقد وصف العالم الأيرلندي روبرت بويل (1627–1691م) هذه العلاقة.

كيف يرتبط الضغط مع الحجم؟ لقد صمّم بويل تجربة كالمبينة في **الشكل 1–4**، ووضّح من خلالها أنه إذا كانت كمية الغاز ودرجة الحرارة ثابتتين فإن مضاعفة الضغط الواقع على الغاز يقلل من حجمه إلى النصف. ومن ناحية أخرى فإن تقليل الضغط الواقع على الغاز إلى النصف يضاعف حجم الغاز. وتعرَف العلاقة التي يزيد فيها أحد المتغيرين عندما يقل الآخر بعلاقة التناسب العكسي.

ينص **قانون بويل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته. يبين **الشكل 1–4** العلاقة العكسية بين الضغط والحجم، حيث يتجه المنحنى إلى أسفل.

الشكل **1–4** عندما يزيد الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يقل حجم الغاز داخل الأسطوانة. ويوضح الرسم البياني الآتي العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.





استخدم الرسم البياني طبق

استخدم الرسم لتحديد الحجم، إذا كان مقدار الضغط (2.5atm).

لاحظ أن ناتج ضرب الضغط في الحجم عند كل نقطة في **الشكل 1-4** يساوي 10 atm.L لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضيًّا على النحو الآتي:

تجربة عملية

قانون بويل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$ P: تمثل الضغط، V: تمثل الحجم

حاصل ضرب ضغط كمية محددة من الغاز في حجمها عند ثبوت درجة حرارتها يساوي كمية ثابتة.

يمثل كل من P_1 و V_1 الضغط والحجم الابتدائيين، في حين يمثل كل من P_2 وV_2 الضغط والحجم الجديدين، فإذا علمت ثلاثة من المتغيرات الموجودة في المعادلة أمكنك معرفة قيمة المتغير الرابع.

مثال 1-4

قانون بويل ينفخ غواص وهو على عمق 10m تحت الماء فقاعة هواء حجمها 0.75 L، وعندما ارتفعت فقاعة الهواء إلى السطح تغير ضغطها من 2.25 atm إلى 1.03 atm ، ما حجم فقاعة الهواء عند السطح؟

1 تحليل المسألة

بالاعتماد على قانون بويل، بنقصان الضغط على فقاعة الهواء يزداد حجمها، لذا يجب ضرب الحجم الابتدائي لها في نسبة ضغط أكبر من 1.

المعطيات

$V_1 = 0.75\ \text{L}$
$P_1 = 2.25\ \text{atm}$
$P_2 = 1.03\ \text{atm}$

المطلوب

$V_2 = ?\ \text{L}$

2 حساب المطلوب استخدم قانون بويل لإيجاد قيمة V_2 واحسب الحجم الجديد.

ضع نص قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

جد قيمة

$$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

عوض $v_1 = 0.75\ \text{L}$، $P_1 = 2.25\ \text{atm}$، $P_2 = 1.03\ \text{atm}$

$$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \text{atm}}{1.03\ \text{atm}}\right)$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$V_2 = 0.75\ \text{L}\left(\frac{2.25\ \text{atm}}{1.03\ \text{atm}}\right) = 1.6\ \text{L}$$

3 تقويم الإجابة قل الضغط بمقدار النصف تقريبًا، لذا فإن الحجم سيزيد إلى الضعف، ويعبر عن الإجابة بوحدة اللتر، وهي وحدة قياس الحجم، وتحتوي الإجابة على رقمين معنويين، وهذا صحيح.

مسائل تدريبية

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

1. إذا كان حجم غاز عند ضغط 99.0 kPa هو 300.0 mL ، وأصبح الضغط 188 kPa فما الحجم الجديد؟
2. إذا كان ضغط عينة من غاز الهيليوم في إناء حجمه 1.00 L هو 0.988 atm فما مقدار ضغط هذه العينة إذا نُقلت إلى وعاء حجمه 2.00 L؟
3. **تحفيز** إذا كان مقدار حجم غاز محصور تحت مكبس أسطوانة 145.7 L، وضغطه 1.03 atm، فما حجمه الجديد عندما يزداد الضغط بمقدار 25%؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

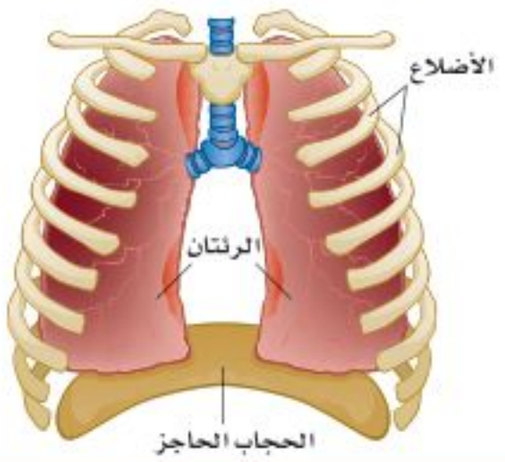
مختبر حل المشكلات

تطبيق التفسيرات العلمية

ما علاقة قانون بويل بالتنفس؟ أنت تتنفس 20 مرة في الدقيقة، وتستبدل بغاز ثاني أكسيد الكربون غازَ الأكسجين لتحافظ على حياتك. فكيف يتغير الضغط والحجم في رئتيك في أثناء تنفسك؟

التحليل

يسمح النسيج الإسفنجي المرن الذي تتكون منه الرئتان بتمدد الرئتين وانقباضهما؛ لتستجيب لحركة الحجاب الحاجز، وهو العضلة القوية الموجودة أسفلهما. فعندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أسفل يزداد حجم الرئتين، وبذلك نتمكن من الشهيق، كما يتقلص حجم الرئتين عندما يتحرك الحجاب الحاجز إلى أعلى، وبذلك نتمكن من الزفير.



التفكير النّاقد

1. **طبّق** قانون بويل لتفسير السبب الذي يجعل الهواء يدخل إلى الرئتين عند الشهيق ويخرج منهما عند الزفير.
2. **وضّح** ما يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض الإنسان لضربة على البطن، ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل لتفسير إجابتك.
3. **استنتج** تَفْقد بعض أجزاء الرئتين مرونتها وتتضخم، وينتج عن ذلك مرض انتفاخ الرئتين. كيف تستدل من قانون بويل على أن هذا الأمر يؤثر في عملية التنفس؟
4. **فسّر** السبب في تعليم الغواصين المبتدئين الذين يحملون جهاز التنفس تحت الماء عدمَ حبس أنفاسهم في أثناء صعودهم من المياة العميقة.

قانون شارل Charles's Law

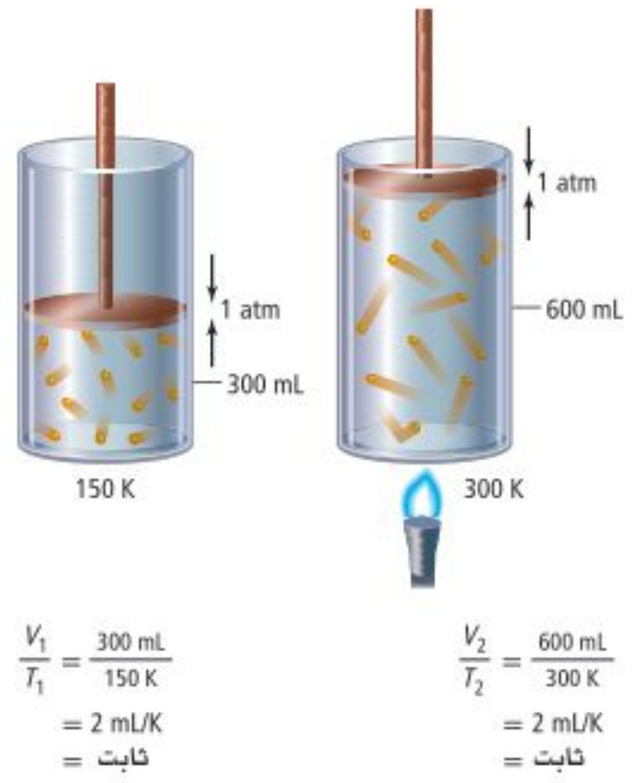
لاحظت في التجربة الاستهلالية أن محيط البالون قد قل بعد غمره في الماء والثلج. لماذا حدث ذلك؟ كما أنك تلاحظ أنّ كرة القدم تظهر غير منتفخة جيدًا إذا تركتها في مكان بارد فترة من الوقت، في حين تراها منتفخة جيدًا إذا تركت في مكان مشمس. فلماذا يختلف مظهر الكرة؟ يمكن الإجابة عن هذه الأسئلة من خلال تطبيق قانون شارل.

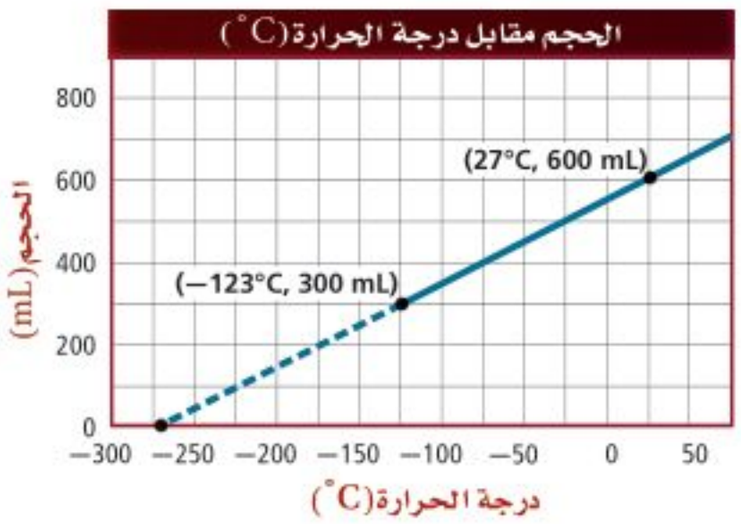
كيف يرتبط الحجم مع درجة الحرارة؟ درس جاك شارل (1746–1823م) الفيزيائي الفرنسي العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة، حيث لاحظ أن كلًّا من درجة حرارة وحجم عينة من الغاز يزداد عندما يبقى كل من كمية العينة والضغط ثابتين. يمكن تفسير هذه الخاصية بناءً على نظرية الحركة الجزيئية: فعندما تزداد درجة الحرارة تتحرك جسيمات الغاز وتصطدم أسرع بجدار الإناء الذي توجد فيه وبقوة أكبر. ولأن الضغط يعتمد على عدد وقوة اصطدامات جسيمات الغاز بجدار الإناء فإن هذا يؤدي إلى زيادة الضغط، وحتى يبقى الضغط ثابتًا لا بد أن يزيد الحجم؛ إذ تحتاج الجسيمات إلى الانتقال إلى مسافات أبعد قبل أن تصطدم بالجدار، مما يقلل من عدد اصطدامات الجسيمات بجدار الإناء.

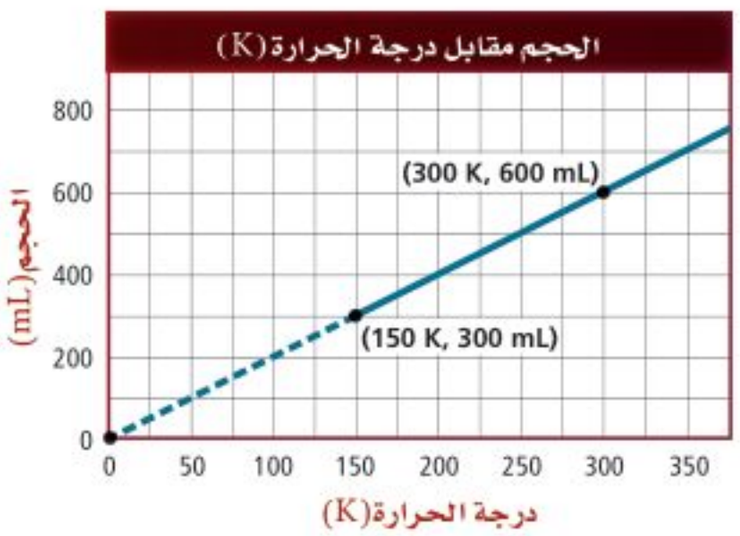
توضح الأسطوانات في **الشكل 2–4** كيف يتغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل **2–4** عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، فتدفع الجسيمات المكبس إلى أعلى. يوضح الرسم البياني الآتي علاقة الحجم بدرجة الحرارة السيليزية ودرجة الحرارة المطلقة.







وعلى عكس **الشكل 1–4** إذ يؤثر في المكبس ضغط خارجي بالإضافة إلى الضغط الجوي، فقد بقي المكبس في **الشكل 2–4** حر الحركة. وهذا يعني قيام الغاز الموجود في الأسطوانة برفع المكبس إلى أن يتساوى الضغط الواقع عليه مع الضغط الجوي.

وكما تلاحظ يزداد حجم الغاز المحصور عند 1 atm بزيادة درجة الحرارة في الأسطوانة، لذا تكون المسافة التي يتحركها المكبس مقياسًا لزيادة حجم الغاز عندما يسخن.

رسم العلاقة بين درجة الحرارة والحجم يوضّح **الشكل 2–4** أيضًا العلاقة بين درجة الحرارة والحجم لمقدار محدّد من الغاز تحت تأثير ضغط ثابت؛ حيث إن منحنى درجة الحرارة مع الحجم خطّ مستقيم، فيمكنك توقع درجة الحرارة التي يصبح الحجم عندها 0 L، وذلك بمدّ الخط إلى درجات حرارة أدنى من الدرجات التي تم قياسها.

في الرسم البياني الأول، درجة الحرارة التي يكون عندها الحجم 0 L تساوي 273°C–، لذا فهذه العلاقة خطية، لكنها ليست تناسبًا مباشرًا. فمثلًا يمكنك ملاحظة عدم مرور الخط المستقيم بنقطة الأصل، كما أن مضاعفة درجة الحرارة من 25°C إلى 50°C لا تؤدي إلى مضاعفة الحجم.

يبين الرسم البياني في **الشكل 2–4** أن العلاقة بين درجة الحرارة المقيسة بالكلفن (K) والحجم علاقة طردية والتناسب مباشر؛ إذ تقابل درجة الحرارة 0 K حجمًا مقداره 0 mL، وعند مضاعفة درجة الحرارة يتضاعف الحجم. ويعرف الصفر على تدريج كلفن **بالصفر المطلق**، وهو يمثل أقل قيمة ممكنة لدرجة الحرارة التي تكون عندها طاقة الذرات أقل ما يمكن.

اختبار الرسم البياني **فسّر** لماذا يوضح الرسم البياني الثاني في **الشكل 2–4** تناسبًا طرديًّا مباشرًا، في حين لا يوضح الرسم البياني الأول ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استخدام قانون شارل ينص **قانون شـــارل** على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط، ويمكن التعبير عن قانون شارل بالعلاقة الرياضية الآتية:

قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

V تمثل الحجم

T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حاصل قســمة حجم كمية محددة من الغــاز على درجة حرارته بالكلفــن عند ثبوت ضغطه يساوي كمية ثابتة.

تجربة عملية

قانون شارل

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تتمثــل V_1، T_1 في المعادلة أعلاه درجة الحرارة والحجم الابتدائيــين، في حين تمثل V_2 ، T_2 درجة الحــرارة والحجم الجديدين، كما في قانون بويل، فإذ عرفت ثلاث متغيرات أمكنك حســاب المتغير الرابع.

وعند استخدام قانون شارل يجب التعبير عن درجة الحرارة بالكلفن. وكما قرأت سابقًا، عليك إضافة 273 إلى درجة الحرارة السيليزية لتحويل درجة الحرارة من التدريج السيليزي إلى التدريج بالكلفن:

$$T_K = 273 + T_C$$

مثال 2-4

قانون شارل إذا كان حجم بالون هيليوم 2.32 L داخل ســيارة مغلقة، عند درجة حرارة 40.0 °C، فإذا وقفت الســيارة في ساحة البيت في يوم حار وارتفعت درجة الحرارة داخلها إلى 75.0 °C، فما الحجم الجديد للبالون إذا بقي الضغط ثابتًا؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون شــارل على أن حجــم مقدار محدّد من الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته إذا بقــي الضغط ثابتًا. لذا يزداد حجم البالون ، ويجب ضرب الحجم الابتدائي في نسبة درجة حرارة أكبر من واحد.

المعطيات

$T_1 = 40.0\,°C$

$V_1 = 2.32\,L$

$T_2 = 75.0\,°C$

المطلوب

$V_2 = ?\,L$

2 حساب المطلوب

حوّل درجة الحرارة السيليزية إلى الكلفن.

استخدم معامل التحويل

$$T_K = 273 + T_C$$

عوض بقيمة $T_1 = 40.0\,°C$

$$T_1 = 273 + 40.0\,°C = 313.0\,K$$

عوض بقيمة $T_2 = 75.0\,°C$

$$T_2 = 273 + 75.0\,°C = 348.0\,K$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استخدم قانون شارل لإيجاد V_2، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أُعيد ترتيبها.

اكتب نص قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

جد قيمة V_2

$$V_2 = V_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

عوض $V_1 = 2.32\ \text{L}$، $T_1 = 313.0\ \text{K}$، $T_2 = 348.0\ \text{K}$

$$V_2 = 2.32\ \text{L}\left(\frac{348.0\ \text{K}}{313.0\ \text{K}}\right)$$

اضرب واقسم الوحدات والأرقام

$$V_2 = 2.32\ \text{L}\left(\frac{348.0\ \text{K}}{313.0\ \text{K}}\right) = \mathbf{2.58\ L}$$

3 تقويم الإجابة

كانت الزيادة في درجة الحرارة بالكلفن صغيرة نسبيًّا، لذا ستكون الزيادة في الحجم صغيرة أيضًا، وستستخدم وحدة (L) في الإجابة، وهي وحدة الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

4. ما الحجم الذي يشغله الغاز في البالون الموجود على اليسار عند درجة 250 K؟
5. شغل غاز عند درجة حرارة 89 °C حجمًا مقداره (0.67 L). عند أي درجة حرارة سيليزية سيزيد الحجم ليصل إلى 1.12 L ؟
6. إذا انخفضت درجة الحرارة السيليزية لعينة من الغاز حجمها 3.0 L من 80.0 °C إلى 30.0 °C فما الحجم الجديد للغاز؟
7. **تحفيز** يشغل غاز حجمًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة (350 K). ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45% ؟

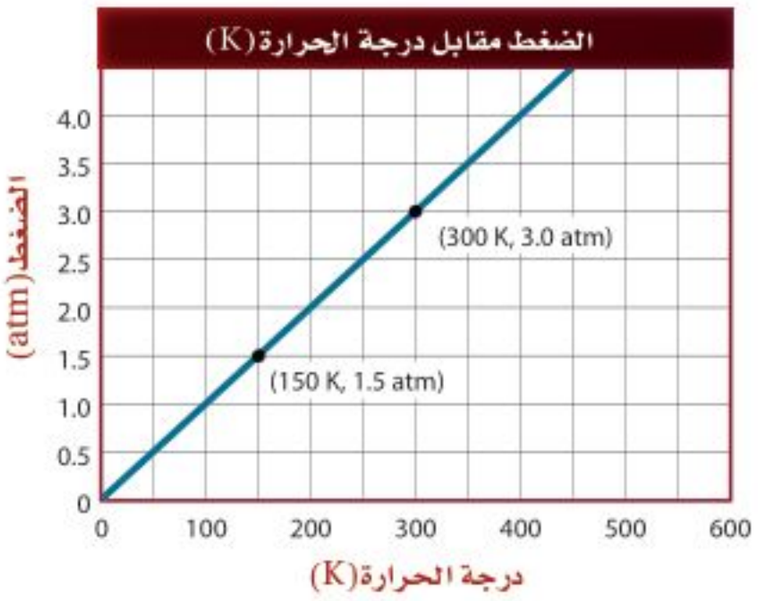
قانون جاي - لوساك Gay– Lussac's Law

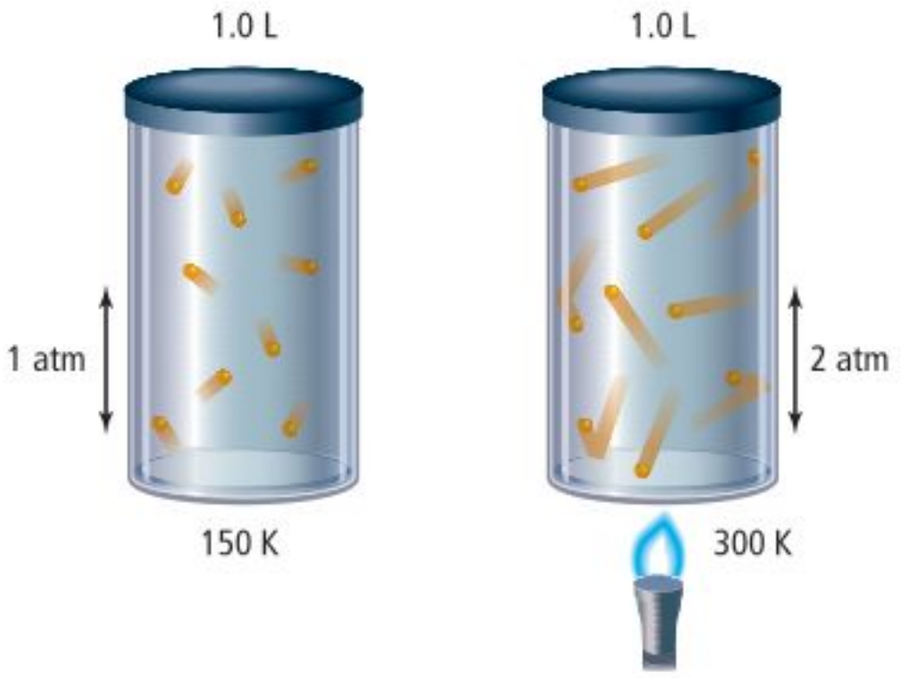
لاحظت في التجربة الاستهلالية تطبيقات على قانون شارل، فعند تغير درجة الحرارة يتغير حجم البالون، ولكن ماذا يمكن أن يحدث لو كان البالون صلبًا ثابتًا؟ وإذا كان حجمه ثابتًا فهل هناك علاقة بين درجة الحرارة والضغط؟ يمكن الإجابة عن هذا السؤال من خلال قانون جاي – لوساك.

كيف ترتبط درجة الحرارة مع ضغط الغاز؟ ينتج الضغط عن اصطدام جسيمات الغاز بجدران الوعاء؛ فكلما ارتفعت درجات الحرارة زاد عدد الاصطدامات وطاقتها. لذا تؤدي زيادة الحرارة إلى زيادة الضغط إذا لم يتغير الحجم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل **3–4** عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، مما يؤدي إلى زيادة اصطداماتها بجدار الإناء وزيادة قوتها. ولأن حجم الأسطوانة ثابت فإن ضغط الغاز يزداد.





$\frac{P_1}{T_1} = \frac{1.5\ atm}{150\ K}$
$= 0.01\ atm/K$
$=$ ثابت

$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3.0\ atm}{300\ K}$
$= 0.01\ atm/K$
$=$ ثابت

استخدم الرسم البياني قارن بين الرسوم البيانية في الشكلين **2–4** و **3–4**.

الكيمياء في واقع الحياة

قانون جاي-لوساك

أواني الضغط لوعاء الضغط غطاء محكم الإغلاق، وحجمه ثابت. وعند تسخينه يزداد الضغط في الإناء، وبزيادة الضغط تستمر درجة الحرارة في الارتفاع، فيتم بذلك طهو الطعام بسرعة أكبر.

وقد وجد جاي لوساك (1778–1850م) أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طرديًّا مع الضغط، كما هو موضح في **الشكل 3–4**. وينص **قانون جاي لوساك** على أن ضغط مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة بالكلفن له، عند ثبوت الحجم. ويمكن التعبير عنه رياضيًّا كما يأتي:

قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

P تمثل الضغط

T تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حاصل قسمة الضغط على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدد من الغاز ذي حجم ثابت يساوي مقدارًا ثابتًا.

وكما هو الحال في قانوني بويل وشارل، فإذا عرفت ثلاثة متغيرات أمكنك حساب المتغير الرابع باستخدام المعادلة. تذكر أن درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن (K) أينما استخدمت في معادلات قوانين الغاز.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 3-4

قانون جاي- لوساك إذا كان ضغط غاز الأكسجين داخل الأسطوانة 5.00 atm عند درجة 25.0°C ، ووضعت الأسطوانة في خيمة على قمة جبل إفرست، حيث تكون درجة الحرارة 10.0°C− فما الضغط الجديد داخل الأسطوانة؟

1 تحليل المسألة

ينص قانون جاي– لوساك على أنه إذا انخفضت درجة حرارة الغاز المحصور فإن ضغطه ينخفض إذا بقي حجمه ثابتًا. لذلك يقل الضغط في أسطوانة الأكسجين. يجب ضرب مقدار الضغط الابتدائي في نسبة درجة حرارة أقل من 1.

المعطيات

$P_1 = 5.00\ \text{atm}$

$T_1 = 25.0\ ^\circ\text{C}$

$T_2 = -10.0\ ^\circ\text{C}$

المطلوب

$P_2 = ?\ \text{atm}$

2 حساب المطلوب

حول درجات الحرارة السيليزية إلى كلفن

استخدم معامل التحويل

$$T_K = 273 + T_C$$

عوّض $T_1 = 25.0\ ^\circ\text{C}$

$$T_1 = 273 + 25.0\ ^\circ\text{C} = 298.0\ \text{K}$$

عوّض $T_2 = 10.0\ ^\circ\text{C}$

$$T_2 = 273 + (-10.0\ ^\circ\text{C}) = 263.0\ \text{K}$$

استخدم قانون جاي لوساك؛ لإيجاد قيمة P_2، وعوض بالقيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

اكتب نص قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

لإيجاد قيمة P_2

$$P_2 = P_1\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

عوض $P_1 = 5.00\ \text{atm}$, $T_1 = 298.0\ \text{K}$, $T_2 = 263.0\ \text{K}$

$$P_2 = 5.00\ \text{atm}\left(\frac{263.0\ \text{K}}{298.0\ \text{K}}\right)$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها.

$$P_2 = 5.00\ \text{atm}\left(\frac{263.0\ \cancel{\text{K}}}{298.0\ \cancel{\text{K}}}\right) = \mathbf{4.41\ atm}$$

3 تقويم الإجابة

تقل درجة الحرارة المطلقة، لذا يقل الضغط. وحدة الضغط atm، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

افترض أن الحجم و كمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

8. إذا كان ضغط إطار سيارة 1.88 atm عند درجة حرارة 25°C ، فكم يكون الضغط إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 37.0 °C؟

9. يوجد غاز هيليوم في أسطوانة حجمها 2L، تحت تأثير ضغط جوي مقداره 1.12 atm، فإذا أصبح ضغط الغاز 2.56 atm، عند درجة حرارة 36.5 °C، فما قيمة درجة حرارة الغاز الابتدائية؟

10. تحفيز إذا كان ضغط عينة من الغاز يساوي 30.7 KPa عند درجة حرارة 00.0 °C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعينة حتى يتضاعف ضغطها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل **4–4** تمتلك المملكة العربية السعودية ما يزيد عن 10 محطات رصد جوي والتي يُستخدم فيها بالون الطقس كما في الشكل المجاور والذي تتم تعبئته بالهيليوم أو الهيدروجين. -ويحمل بالون الطقس على متنه أجهزة تسمى (راديو سوند) ترسل بيانات تتعلق بدرجة حرارة الهواء والضغط والرطوبة في طبقات الجو العُليا، إضافة لذلك، يُساعد متابعة العُلماء في معرفة سُرعة و اتجاه الرياح على تلك الارتفاعات.

القانون العام للغازات The General Gas Law

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم في العديد من التطبيقات العملية للغازات، كما في بالون الطقس في **الشكل 4-4**. كما يمكن جمع قانون بويل وقانون شارل وقانون جاي- لوساك في قانون واحد يطلق عليه **القانون العام للغازات**، وهو يحدّد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محدّدة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسيًّا مع الحجم، وطرديًّا مع درجة الحرارة. ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضيًّا على النحو الآتي:

القانون العام للغازات

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

P = تمثل الضغط ، V = تمثل الحجم

T = تمثل درجة الحرارة بالكلفن

حيث حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسومًا على درجة الحرارة بالكلفن لمقدار محدّد من الغاز يساوي مقدارًا ثابتًا.

مهن في الكيمياء

الأرصاد الجوية العلاقات التي تربط الضغط ودرجة الحرارة مع الحجم تساعد علماءَ الأرصاد الجوية على فهم حالة الطقس والتنبؤ بها. فمثلًا، تنتج الرياح والجبهات الهوائية عن تغير الضغط الذي يسببه التسخين الشمسي غير المنتظم للغلاف الجوي المحيط بسطح الأرض.

استخدام القانون العام للغازات يساعدك القانون العام للغازات على حل المسائل التي تتضمن أكثر من متغير واحد، كما يقدم لك طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى دون تذكر معادلاتها، يمكننا القانون العام للغازات من اشتقاق القوانين الأخرى من خلال تذكر المتغير الثابت في كل حالة.

مثلًا إذا بقيت درجة الحرارة ثابتة بينما تغير الضغط والحجم فإن $T_2=T_1$. وبعد تبسيط قانون الغاز العام تحت هذه الظروف ستجد أن المعادلة أصبحت $P_1V_1=P_2V_2$، والتي ينبغي أن تستنتج أنها قانون بويل.

ماذا قرأت؟ اشتق قانون شارل، وقانون جاي -لوساك من القانون العام للغازات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 4-4

القانون العام للغازات إذا كان حجم كمية من غاز ما تحت ضغط 110 KPa ، ودرجة حرارة 30.0°C يساوي 2.00 L، وارتفعت درجة الحرارة إلى 80.0°C، وزاد الضغط وأصبح 440 KPa، فما مقدار الحجم الجديد؟

1 تحليل المسألة

تغير كل من درجة الحرارة والضغط؛ لذلك يجب أن تستخدم القانون العام للغازات.

لقد زاد الضغط أربع مرات، لكن درجة الحرارة لم تتضاعف بنفس هذا المقدار، لذلك فإن الحجم الجديد سيكون أقل من الحجم الابتدائي.

المعطيات

$P_1 = 110\ \text{kPa}$
$T_1 = 30.0\ ^\circ\text{C}$

$P_2 = 440\ \text{kPa}$
$T_2 = 80.0\ ^\circ\text{C}$
$V_1 = 2.00\ \text{L}$

المطلوب

$V_2 = ?\ \text{L}$

2 حل المطلوب

حوّل درجات الحرارة من السيليزية إلى كلفن.

طبق معامل التحويل
$$T_K = 273 + T_C$$

عوض $T_1 = 30.0\ ^\circ\text{C}$
$$T_1 = 273 + 30.0^\circ\text{C} = 303.0\ \text{K}$$

عوض $T_2 = 30.0\ ^\circ\text{C}$
$$T_2 = 273 + 80.0^\circ\text{C} = 353.0\ \text{K}$$

استخدم قانون الغازات العام، لتجد قيمة V_2 ثم عوض القيم المعروفة في المعادلة التي أعيد ترتيبها.

اكتب القانون العام للغازات
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

حل لإيجاد V_2
$$V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

عوض $P_1 = 110\ \text{kPa}$, $P_2 = 440\ \text{kPa}$, $T_1 = 303.0\ \text{K}$,
$T_2 = 353.0\ \text{K}$
$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \text{kPa}}{440\ \text{kPa}}\right)\left(\frac{353.0\ \text{K}}{303.0\ \text{K}}\right)$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها
$$V_2 = 2.00\ \text{L}\left(\frac{110\ \cancel{\text{kPa}}}{440\ \cancel{\text{kPa}}}\right)\left(\frac{353.0\ \cancel{\text{K}}}{303.0\ \cancel{\text{K}}}\right) = \mathbf{0.58\ L}$$

3 تقويم الإجابة

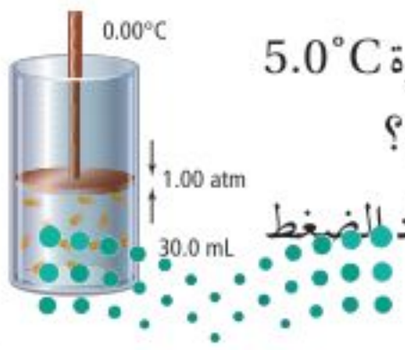
تغير الضغط بشكل أكبر من درجة الحرارة، لذا فقد قل الحجم. الوحدة هي (L)، وهي حدة قياس الحجم، وهناك رقمان معنويان.

مسائل تدريبية

افترض أن كمية الغاز ثابتة في المسائل الآتية:

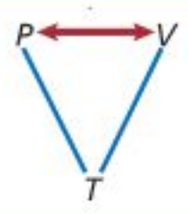
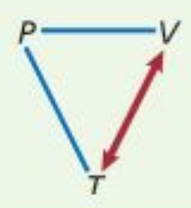
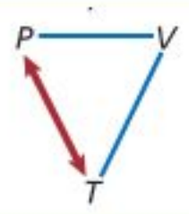
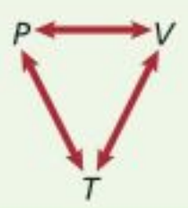
11. تُحدث عينة من الهواء في حقنة ضغطًا مقداره 1.02 atm، عند 22.0°C، ووضعت هذه الحقنة في حمام ماء يغلي (درجة حرارة 100.0°C) وازداد الضغط إلى 1.23 atm بدفع مكبس الحقنة إلى الخارج، مما أدى إلى زيادة الحجم إلى 0.224 mL فكم كان الحجم الابتدائي؟

12. يحتوي بالون على 146.0 mL من الغاز المحصور تحت ضغط مقداره 1.30 atm ودرجة حرارة 5.0°C فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0°C فكم يكون حجم الغاز في البالون؟



13. تحفيز إذا زادت درجة الحرارة في الإسطوانة الموجودة على يسارك لتصل إلى 30.0°C ، وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل يتحرك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 1-4	قوانين الغازات			
القانون	بويل	شارل	جاي لوساك	القانون العام
الصيغة	$P_1V_1 = P_2V_2$	$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$	$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$	$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$
ما الثابت؟	كمية الغاز ودرجة الحرارة	كمية الغاز والضغط	كمية الغاز والحجم	كمية الغاز
رسم تنظيمي				

مقاييس درجة الحرارة وقوانين الغازات لا بد أنك لاحظت أن العمل الذي قام به كل من شارل وجاي- لوساك قد سبق تطوير التدريج بالكلفن (K)، على الرغم من أن قانونيهما تطلبا استخدام درجة الحرارة بالكلفن (K). حيث استخدم العلماء في القرن 17 وبدايات القرن 18 مقاييس حرارة مختلفة. فعلى سبيل المثال استخدم تدريج ريومر في فرنسا حتى في العصر نفسه الذي عاش فيه شارل تقريبًا. وباستخدام هذا التدريج أو أي تدريج لا يعتمد على الصفر المطلق تصبح المعادلة التي تعبر عن قانون شارل أكثر تعقيدًا؛ فهي تحتاج إلى ثابتين إضافة إلى الحجم V ودرجة الحرارة T. وقد بسّط التدريج بالكلفن الأمور، ونتجت قوانين الغازات المستخدمة الآن.

عرفت الآن كيف تؤثر متغيرات الضغط والحرارة والحجم في عينة من الغاز. ويمكنك أيضًا استخدام قوانين الغازات التي تم تلخيصها في **الجدول 1-4** إذا كانت كمية الغاز ثابتة، لكن ماذا يحدث إذا تغيرت كمية الغاز؟ هذا ما ستدرسه لاحقًا.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 1-4

الخلاصة

- ينص قانون بويل على أن حجم مقدار محدّد من الغاز يتناسب عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.
- ينص قانون شارل على أن حجم كمية محدّدة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الضغط.
- ينص قانون جاي- لوساك على أن ضغط مقدار محدّد من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة بالكلفن عند ثبوت الحجم.
- يربط القانون العام للغازات بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم في معادلة واحدة.

14. **الفكرة الرئيسة** **وضح** العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز.
15. **اشرح** أي المتغيرات الثلاثة، التي تؤثر في كمية ثابتة من الغاز، تتناسب تناسبًا طرديًّا، وأيها تتناسب عكسيًّا؟
16. **حلل** أُطلق بالون طقس إلى الغلاف الجوي، وأنت تعرف كلًّا من حجمه الابتدائي ودرجة حرارته وضغط الهواء فيه. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحساب الحجم النهائي للبالون عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ وأي القوانين تستخدم لحساب الحجم؟
17. **استنتج** لماذا تُضغط الغازات التي تستخدم في المستشفيات، ومنها الأكسجين؟ ولماذا يجب حمايتها من ارتفاع درجات الحرارة؟ وماذا يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟
18. **احسب** يحتوي إناء بلاستيكي صلب على 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط جوي مقداره 660 torr، ودرجة حرارة 22.0°C ، ما مقدار الضغط الذي يحدثه الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 44.6°C؟
19. **صمّم** خريطة مفاهيمية توضّح فيها العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل، وشارل، وجاي- لوساك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–2

الأهداف

- **تربط** عدد الجسيمات بالحجم مستخدمًا مبدأ أفوجادرو.
- **تربط** كمية الغاز بضغطه ودرجة حرارته وحجمه مستخدمًا قانون الغاز المثالي.
- **تقارن** بين خصائص الغاز الحقيقي والغاز المثالي.

مراجعة المفردات

المول: وحدة قياسية دولية تستخدم لقياس كمية المادة، وتمثل مقدار المادة النقية التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات.

المفردات الجديدة

مبدأ أفوجادرو

الحجم المولاري

ثابت الغاز المثالي (R)

قانون الغاز المثالي

قانون الغاز المثالي
The Ideal Gas Law

الفكرة الرئيسة **يربط قانون الغاز المثالي بين عدد المولات وكل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.**

الربط مع الحياة تعلم أن إضافة الهواء إلى إطار السيارة يزيد من ضغط الهواء في الإطار، ولكن هل تعلم أن قيمة الضغط المحددة للإطار هي قيمة الضغط في الإطار عندما يكون باردًا؟ فعندما تتحرك إطارات السيارات على الطريق يعمل الاحتكاك على رفع درجة الحرارة، فيزيد الضغط.

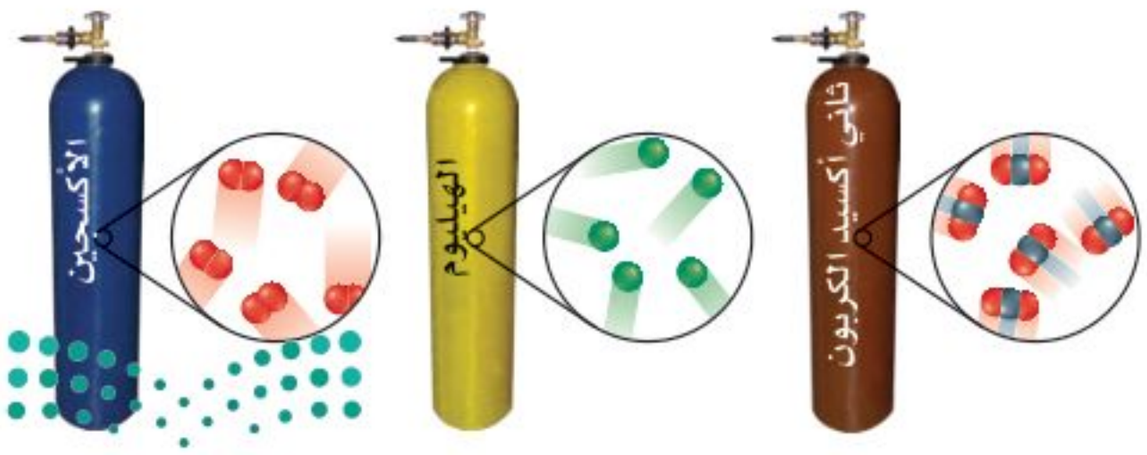
مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle

تختلف حجوم جسيمات الغازات، ومع ذلك تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغاز في أي عينة تكون متباعدة كثيرًا جدًّا، بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلًا جدًّا على الحجم الذي يشغله الغاز. فمثلًا يشغل 1000 جسيم من غاز الكربتون الكبيرة نسبيًّا الحجم نفسه لـ 1000 جسيم من غاز الهيليوم الأصغر حجمًا عند نفس درجة الحرارة والضغط. وكان أفوجادرو في عام 1811م أول من قدم هذه الفكرة. وينص **مبدأ أفوجادرو** على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط. ويبين **الشكل 5–4** حجومًا متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجم وعدد المولات درست سابقًا أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات. و**الحجم المولاري** لغاز هو الحجم الذي يشغله 1 mol منه عند الظروف المعيارية (standard temperature and pressure) و يرمز لها بالرمز STP (1 atm) (0.0°C).

وتعرف درجة الحرارة 0.0°C والضغط الجوي 1atm بدرجة الحرارة والضغط المعياريين. هذا وقد بيَّن أفوجادرو أن 1mol من أي غاز يشغل حجمًا مقداره 22.4 L، لذا يمكنك استعمال 22.4 L /mol بوصفه معامل تحويل عندما يكون الغاز في الظروف المعيارية. فإذا رغبت مثلًا في معرفة عدد المولات في عينة من غاز حجمها 3.72 L، في الظروف المعيارية، فيتعين عليك استخدام الحجم المولاري لتحويل وحدات الحجم إلى مولات.

$$3.72\ \text{L} \times \frac{1\ \text{mol}}{22.4\ \text{L}} = 0.166\ \text{mol}$$



الشكل **5–4** أسطوانات غاز متساوية في الحجم تحت تأثير ضغط ودرجة حرارة متساويين، تحتوي كميات متساوية من الغاز بغض النظر عن نوع الغاز الذي تحتويه كل منها.

استنتج لماذا لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على السوائل والمواد الصلبة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 5-4

الحجم المولاري المكون الرئيس للغاز الطبيعي المستخدم في المنازل لأغراض التدفئة والطهو هو الميثان CH_4. احسب حجم 2.00 Kg من غاز الميثان في الظروف المعيارية STP.

1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات من خلال قسمة كتلة العينة (m) على الكتلة المولية M. ولأن الغاز تحت الظروف المعيارية (STP)، لذا يمكنك استخدام الحجم المولاري لتحويل عدد المولات إلى حجم.

المعطيات

$m = 2.00\ kg$

$T = 0.00\ ^\circ C$

$P = 1.00\ atm$

المطلوب

$V = ?\ L$

2 حساب المطلوب

حدّد الكتلة المولية للميثان

حدد الكتلة المولية عبر عن الكتلة الجزيئية باستخدام g/mol لتصل إلى الكتلة المولية.

$$M = 1\ \cancel{C\ atom}\left(\frac{12.01\ amu}{1\ \cancel{C\ atom}}\right) + 4\ \cancel{H\ atoms}\left(\frac{1.01\ amu}{1\ \cancel{H\ atom}}\right)$$

$$= 12.01\ amu + 4.04\ amu = 16.05\ amu = 16.05\ g/mol$$

حدّد عدد مولات الميثان

حوّل الكتلة المولية من وحدة Kg إلى g

$$2.00\ \cancel{kg}\left(\frac{1000\ g}{1\ \cancel{kg}}\right) = 2.00 \times 10^3\ g$$

اقسم على الكتلة المولية لإيجاد عدد المولات.

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3\ g}{16.05\ g/mol} = 125\ mol$$

استخدم الحجم المولاري لتحديد حجم الميثان في الظروف المعيارية STP.

استخدم الحجم المولاري 22.4 L/mol للتحويل من المولات إلى الحجم.

$$V = 125\ \cancel{mol} \times \frac{22.4\ L}{1\ \cancel{mol}} = \mathbf{2.80 \times 10^3\ L}$$

3 تقويم الإجابة

مقدار الميثان الموجود أكبر من 1 mol؛ لذا يجب أن تتوقع حجمًا كبيرًا، وهذا يتفق مع الإجابة. الوحدة هي (L)، وهي وحدة قياس الحجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

20. ما حجم الوعاء اللازم لاحتواء 0.0459 mol من غاز النيتروجين N_2 في الظروف المعيارية STP؟

21. ما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات، الموجودة في بالون حجمه 1.0 L في الظروف المعيارية STP؟

22. ما الحيز (mL)، الذي يشغله غاز الهيدروجين الذي كتلته 0.00922 g في الظروف المعيارية STP؟

23. ما الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416 g من غاز الكربتون في الظروف المعيارية STP؟

24. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 4.5 Kg من غاز الإيثيلين C_2H_4 في الظروف المعيارية STP؟

25. تحفيز إناء بلاستيكي مرن يحتوي 0.86 g من غاز الهيليوم بحجم (19.2 L). فإذا أخرج 0.205 g من غاز الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما الحجم الجديد؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكـــن جمع كل من مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشـــارل وجاي- لوســـاك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. تعطي هـــذه الصيغة نتائج أفضل للغازات التي تنطبـــق عليها افتراضات نظرية الحركة الجزيئية، التي تعرف بالغازات المثالية. إن حجوم جسيمات الغازات صغيرة جدًّا، وبينها فراغات كبيرة لدرجة أن قوى التجاذب أو التنافر فيما بينها تصبح أقل ما يمكن.

من القانون العام للغازات إلى قانون الغازات المثالي يربط القانون العام للغازات بين متغيرات الضغط والحجم و درجة الحرارة لمقدار محدّد من الغاز.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

وتبقى علاقة الضغط والحجم ودرجة الحرارة دائمًا نفسها لعينة محدّدة من الغاز. ويمكن إعادة كتابة العلاقة الممثلة في القانون العام للغازات على النحو الآتي:

$$\frac{PV}{T} = \text{مقدارًا ثابتًا}$$

يوضّح **الشكل 6-4** أن زيادة مقدار الغاز الموجود في العينة يؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كانت درجة الحرارة والحجم ثابتين، كما أنّ الحجم يزداد عند إضافة المزيد من جسيمات الغاز. ونحن نعرف أن كلًّا من الحجم والضغط يتناسبان تناسبًا طرديًّا مع عدد المولات (n)، لذا يمكن وضع عدد المولات (n) في معادلة القانون العام للغازات، كما يأتي:

$$\frac{PV}{nT} = \text{ثابتًا}$$

ولقد حددت التجارب التي استخدمت فيها قيم معروفة لكل من n، P،T، V قيمة هذا الثابت، والذي يعرف **بثابت الغاز المثالي**، ويرمز له بالرمز R. فإذا كان الضغط مقيسًـــا بوحدة atm فإن قيمة R هي 0.0821 L.atm /mol.K .

لاحظ أن وحدة R تجمع ببســـاطة وحدات المتغيرات الأربع. ويبين **الجدول 2-4** القيم الرقمية لـ R بوحدات مختلفة للضغط.

ماذا قرأت؟ فسر لماذا أضيف عدد المولات (n) إلى المقام في المعادلة أعلاه؟

عند التعويض عن R في المعادلة أعلاه، وعند إعادة ترتيب المتغيرات تنتج الصيغة الأكثر شيوعًا لقانون الغاز المثالي؛ حيث يصف **قانون الغاز المثالي** السلوك الفيزيائي للغاز المثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز المتوافرة.

قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

P = الضغط.
V = الحجم.
n = عدد المولات.
R = ثابت الغاز المثالي.
T = درجة الحرارة بوحدات كلفن.

إن حاصل ضرب الضغط في الحجم مقســـوماً على كمية معينة من الغاز عند درجة حرارة ثابتة يساوي مقداراً ثابتاً

الشكل **6-4** يبقى حجم ودرجة حرارة هـذا الإطار ثابتًـا في أثناء إضافة الهواء، ولكن كلما ازدادت كمية الهواء ازداد الضغط.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجدول 2-4 قيم R

قيمة R	وحدات R
0.0821	$\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$
8.314	$\frac{L \cdot kPa}{mol \cdot K}$
62.4	$\frac{L \cdot mmHg}{mol \cdot K}$

التحول بين وحدات الضغط
1atm = 760mmHg=760Torr=
1.01Par=101325Pa=
101.325kPa

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مثال 6-4

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا NH_3 الموجودة في وعاء حجمه 3.0 L عند 3.0×10^2 K وضغط (1.5 atm).

1 تحليل المسألة

أعطيت الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استخدم قانون الغاز المثالي، واختر قيمة الثابت R بالاعتماد على وحدة الضغط في السؤال. لاحظ أنَّ قِيم الضغط ودرجة الحرارة قريبة من الظروف المعيارية، لكن الحجم أصغر كثيرًا من 22.4 L، فعليك أن تتوقع أنّ الإجابة أقل كثيرًا من مول واحد.

المعطيات

$V = 3.0\ L$

$T = 3.00 \times 10^2\ K$

$P = 1.50\ atm$

$R = 0.0821 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$

المطلوب

$n = ?\ mol$

2 حساب المطلوب

استخدم قانون الغاز المثالي، ثم عوِّض بالقيم المعروفة لإيجاد قيمه (n)

اكتب قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

حل لإيجاد n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوض $V = 3.0\ L,\ T = 3.00 \times 10^2\ K,\ P = 1.50\ atm$

$R = 0.0821\ L \cdot atm/mol \cdot K$

$$n = \frac{(1.50\ atm)(3.0\ L)}{\left(0.0821 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}\right)(3.00 \times 10^2\ K)}$$

اضرب الأرقام والوحدات واقسمها

$$n = \frac{(1.50\ \cancel{atm})(3.0\ \cancel{L})}{\left(0.0821 \frac{\cancel{L \cdot atm}}{mol \cdot \cancel{K}}\right)(3.00 \times 10^2\ \cancel{K})} = \mathbf{0.18\ mol}$$

3 تقويم الإجابة

تتفق الإجابة مع توقع أنّ عدد المولات أقل كثيرًا من 1 mol، وحدة الإجابة mol، وتحتوي رقمين معنويين.

مسائل تدريبية

26. ما درجة حرارة 2.49mol من الغاز بوحدات سيلزيوس(°C)، والموجود في إناء سعته 1.00L ، وتحت ضغط مقداره 143 KPa ؟

27. احسب حجم 0.323 mol من غاز ما عند درجة حرارة 256 K وضغط جوي مقداره 0.90 atm؟

28. ما مقدار ضغط 0.108 mol، بوحدة الضغط الجوي (atm)ـ لعينة من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C، إذا كان حجمها 0.050 L؟

29. إذا كان ضغط غاز حجمه 0.044 L يساوي 3.81 atm عند درجة حرارة 25.0°C، فما عدد مولات الغاز؟

30. تحفيز غاز مثالي حجمه 3.0 L، فإذا تضاعف عدد مولاته ودرجة حرارته وبقي الضغط ثابتًا، فما حجمه الجديد؟

قانون الغاز المثالي - الكتلة المولية والكثافة
The Ideal Gas Law — Molar Mass and Density

يمكن أن يستخدم قانون الغاز المثالي في إيجاد أي قيمة من قيم المتغيرات الأربعة P،V،T،n، إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معروفة. كما يمكن إعادة ترتيب المعادلة PV=nRT لحساب الكتلة المولية والكثافة لعينة من الغاز.

الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية لعينة غاز يجب أن يكون كلًّا من الكتلة ودرجة الحرارة والضغط وحجم الغاز معروفًا. تذكر ما تعلمته سابقًا، حيث إن عدد مولات الغاز (n) تساوي الكتلة (m) بوحدة الجرام مقسومة على الكتلة المولية (M). لذلك يمكن التعويض عن n بمقدار m /M .

$$PV = nRT \quad \xrightarrow{\text{بالتعويض } n = \frac{m}{M}} \quad PV = \frac{mRT}{M}$$

ويمكنك إعادة ترتيب المعادلة لتصبح على النحو الآتي:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

الكثافة وقانون الغاز المثالي تذكر أن كثافة أي مادة (D) تساوي كتلتها (m) في وحدة الحجوم (V)، وبعد إعادة ترتيب معادلة الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية يمكن التعويض عن (m /V) بالقيمة D.

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad \xrightarrow{\text{بالتعويض } D = \frac{m}{V}} \quad M = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد الكثافة لتصبح على النحو التالي:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

لماذا تحتاج إلى معرفة كثافة الغاز؟ فكر في طرائق إطفاء الحريق. تعتمد إحدى طرائق إطفاء الحريق على منع غاز الأكسجين من الوصول للمادة المحترقة من خلال تغطية الحريق بغاز آخر لا يحترق ولا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في **الشكل 7–4**. لذا يجب أن تكون كثافة هذا الغاز أكبر من كثافة الأكسجين ليحل محله.

الشكل **7–4** لإطفاء الحريق تحتاج إلى إبعاد الوقود أو الأكسجين أو الحرارة عن مصدر الحريق. تحتوي طفاية الحريق على ثاني أكسيد الكربون الذي يحل محل الأكسجين، لكنه لا يشتعل، وله تأثير مبرّد نتيجة تمدده السريع بمجرد إطلاقه.

اشرح لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل الأكسجين؟

المفردات

أصل الكلمة

المول **Mole**

جاءت من الكلمة الألمانية Mol، وهي اختصار Molekulargewicht، وتعني الوزن الجزيئي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة

إعداد نموذج لطفاية حريق

لماذا يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون لإطفاء الحريق؟

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس درجة الحرارة باستخدام مقياس الحرارة، والضغط الجوي باستخدام البارومتر، ثم سجل البيانات التي حصلت عليها.
3. لفّ قطعة من ورق الألومنيوم أبعادها $23\ cm \times 30\ cm$ على أسطوانة ارتفاعها $30\ cm$ ونصف قطرها $6\ cm$ تقريباً ثم ألصق أطراف ورق الألومنيوم.
4. استخدم أعواد الثقاب لإشعال الشمعة.

تحذير: اسكب الماء فوق أعواد الثقاب قبل رميها، وابتعد عن مصادر اللهب.

5. ضع $30\ g$ من صودا الخبز $NaHCO_3$ في كأس كبيرة، وأضف إليها $40\ mL$ من الخل CH_3COOH تركيزه (5%).
6. ضع الأسطوانة الملفوفة بورق الألومنيوم بسرعة فوق لهب الشمعة بزاوية مقدارها (45°).

تحذير: لا تجعل نهاية طرف الأسطوانة يلامس الشمعة المشتعلة.

7. وبينما يستمر التفاعل في الكأس في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، مرر الغاز بحذر شديد، وليس السائل في الأسطوانة. سجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **طبق** احسب الحجم المولاري لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي.
2. **احسب** كثافة كل من ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والنيتروجين بوحدة g/L عند درجة حرارة الغرفة. تذكر أن عليك حساب الكتلة المولية لكل غاز حتى تتمكن من حساب كثافة كل غاز.
3. **فسر** هل تدعم ملاحظاتك وحساباتك استخدام ثاني أكسيد الكربون في مكافحة الحرائق؟ ولماذا؟

الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي Real Gas Versus Ideal Gas

ماذا يعني مصطلح الغاز المثالي؟ تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقًا. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدومًا، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزًا، ولا توجد قوى تجاذب بينها، ولا تتجاذب مع جدران الوعاء الموجودة فيه، ولا تتنافر معه. وتتحرك هذه الجسيمات حركة عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى يصطدم بعضها ببعض أو بجدار الوعاء الذي يحتويها، وهذه التصادمات مرنة، مما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير. ويتبع الغاز المثالي قوانين الغاز تحت كل الظروف من الضغط ودرجة الحرارة.

ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم و إن كان صغيرًا، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تمامًا. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستخدام قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.

ماذا قرأت؟ **فسر** العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استراتيجية حل المسائل

اشتقاق قوانين الغازات إذا أتقنت الاستراتيجيات الآتية، فإن عليك تذكر قانون الغاز المثالي فقط. خذ مثالًا، الكمية الثابتة من الغاز الموجودة تحت ضغط ثابت. استخدم قانون شارل لحل المسائل التي تتضمن الحجم ودرجة الحرارة.

1. استخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة الغاز عند درجة حرارة وحجم مختلفين (الكميات التي لا تتغير تظهر باللون الأحمر).
2. اعزل الحجم ودرجة الحرارة، وهما القيمتان اللتان تتغيران في الجهة نفسها من المعادلة.
3. ولأن كلًّا من P،R،n ثابت تحت هذه الظروف، فإنه يمكنك جعل كل من الحجم ودرجة الحرارة متساويين لاشتقاق قانون شارل.

$$PV_1 = nRT_1 \qquad PV_2 = nRT_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{P} \qquad \frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{P}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

تطبيق الاستراتيجية

اشتق قانون بويل وجاي- لوساك والقانون العام للغازات استنادًا إلى القاعدة أعلاه.

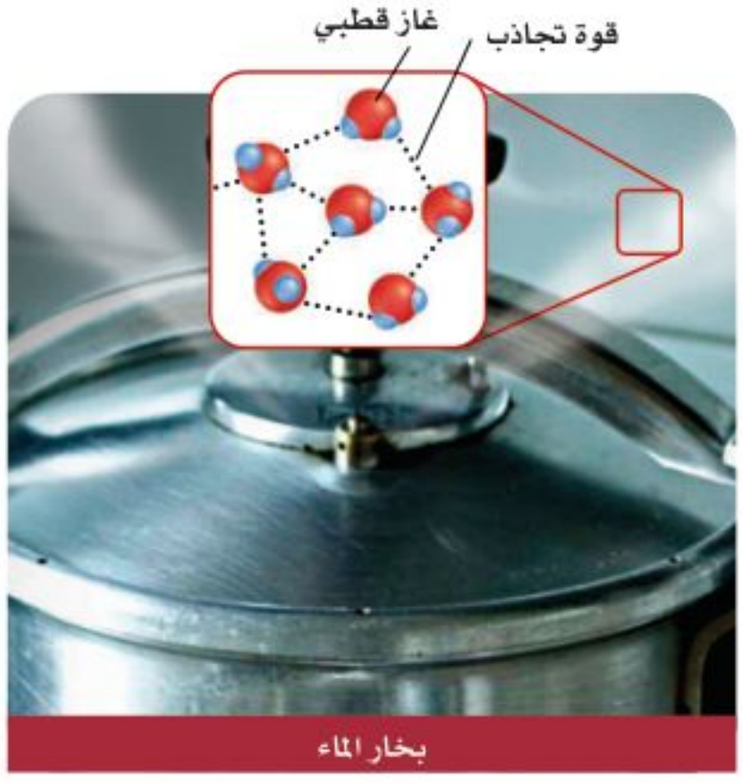
أقصى ضغط ودرجة حرارة متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستخدام مع الغاز الحقيقي؟ تحيد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. ويسلك غاز النيتروجين في الخزان الظاهر في **الشكل 8-4** سلوك الغاز الحقيقي. وعند انخفاض درجات حرارة غاز النيتروجين تنخفض طاقة جسيماته الحركية، وهذا يعني أن قوى التجاذب بين هذه الجسيمات قوية، مما يجعلها تؤثر في سلوكها. وعندما تنخفض درجة الحرارة بقدر كاف يتكاثف الغاز الحقيقي مكوّنًا سائلاً. ويسلك غاز البروبان في الخزان الظاهر في **الشكل 8-4** أيضًا سلوكَ الغاز الحقيقي. وتعمل زيادة الضغط على الغاز على إجبار جسيماته على الاقتراب بعضها من بعض، حتى يصبح من غير الممكن إهمال الحجم الذي تشغله الجسيمات. وتتحول الغازات الحقيقية ـ ومنها البروبان ـ إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.

يمكن تخزين كمية من البروبان السائل أكبر 270 مرة منها في الحالة الغازية في الحجم نفسه. وتستخدم أسطوانات صغيرة من البروبان السائل وقودًا للطهي في المنازل.

يتحول غاز النيتروجين إلى سائل عند درجة حرارة (196°C-) ويستطيع العلماء حفظ العينات البيولوجية. ومنها أنسجة الجسم . عند هذه الدرجة لإجراء البحوث والإجراءات الطبية الأخرى.

الشكل **8-4** لا يتبع الغاز الحقيقي قانون الغاز المثالي عند قيم الضغط ودرجات الحرارة كلها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل **9–4** التجاذب بين جسيمات الغاز غير القطبي ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قويًّا.

القطبية وحجم الجسيمات تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلًا يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتنجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بقوى تجاذب كهروستاتيكية، كما في **الشكل 9–4**، لذا، لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان C_4H_{10} حيزًا أكبر من الحيز الذي يشغله عدد مماثل من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهيليوم He. ولهذا السبب تميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

التقويم 2-4

الخلاصة

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن أيضًا استخدامه لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت الكتلة المولية معروفة.
- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكًا مغايرًا لسلوك الغاز المثالي.

31. الفكرة الرئيسة **فسر** لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟

32. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.

33. حلّل كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مستخدمًا نظرية الحركة الجزيئية؟

34. توقع الظروف التي يحتمل أن يختلف عندها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟

35. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعًا للمتغيرات في قانون الغاز المثالي.

36. احسب كتلة غاز البروبان C_3H_8 الموجود في دورق حجمه 2.0 L عند ضغط جوي مقداره 1.00 atm ودرجة حرارة 15.0°C–.

37. ارسم رسمًا بيانيًّا واستخدمه ينخفض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1psi (14.7psi=1.0 atm) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار 6°C ، ارسم رسمًا بيانيًّا يوضح التغير في الضغط داخل الإطار، عندما تتغير درجات الحرارة من 20°C إلى 20°C– (افترض أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة 20.0°C).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4–3

الحسابات المتعلقة بالغازات Gas Stoichiometry

الأهداف

- **تحدد** النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة مستخدمًا المعاملات الموجودة في المعادلة الكيميائية.
- **تطبق** قوانين الغازات لحساب كميات الغازات المتفاعلة والناتجة في التفاعل الكيميائي.

مراجعة المفردات

المعاملات: الرقم الذي يكتب عن يسار المواد المتفاعلة أو الناتجة في المعادلة الكيميائية والذي يخبرنا عن أقل عدد من جسيمات المادة المتضمنة في التفاعل.

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى عدد المولات والحجوم النسبية للغازات.

الربط مع الحياة لكي تقوم بصناعة الكيك من المهم أن تضيف المقادير بنسب صحيحة. وبطريقة مشابهة فإن نسبًا صحيحة من المتفاعلات تلزم في التفاعل الكيميائي للحصول على النتائج المطلوبة.

الحسابات الكيميائية للتفاعلات المتضمنة للغازات Stoichiometry of Reactions Involving Gases

تطبق قوانين الغازات في حساب المتفاعلات أو النواتج الغازية في التفاعلات الكيميائية. تذكر أن المعاملات في التفاعلات الكيميائية تمثل عدد مولات المواد المشاركة في التفاعل. على سبيل المثال يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج بخار الماء.

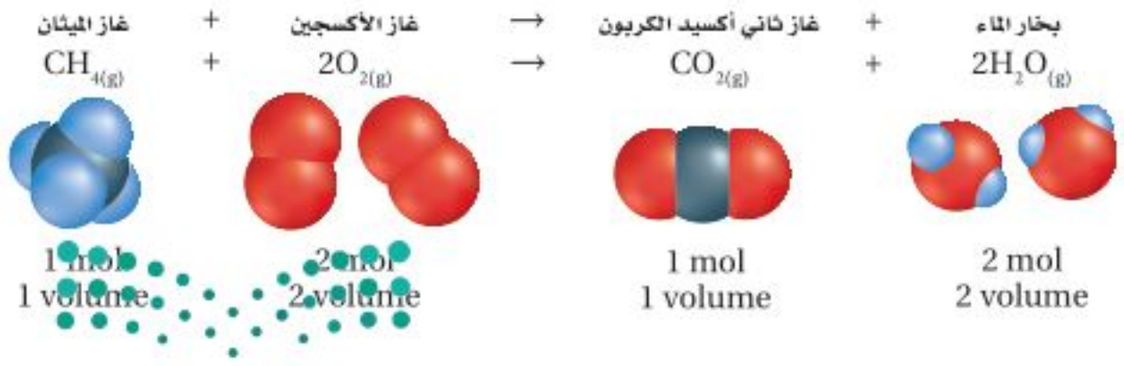
$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

تخبرك المعادلة الكيميائية الموزونة بالنسب المولية للمواد في التفاعل؛ فمثلاً تبين معادلة التفاعل أعلاه أنّ 2 mol من غاز الهيدروجين تتفاعل مع 1 mol من غاز الأكسجين وينتج 2 mol من بخار الماء.

كما ينص مبدأ أفوجادرو على أنّ الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة عند نفس درجة الحرارة والضغط لها عدد الجسيمات نفسه، وهكذا فإن معاملات المواد الغازية في المعادلة الكيميائية الموزونة لاتمثل عدد المولات فقط، وإنما تمثل الحجوم النسبية أيضًا. لهذا فإن 2 L من غاز الهيدروجين ستتفاعل مع 1 L من غاز الأكسجين لإنتاج 2 L من بخار الماء.

الحسابات الكيميائية: حساب الحجم Stoichiometry and Volume–Volume Problems

لإيجاد حجم غاز متفاعل أو ناتج في التفاعل الكيميائي يجب عليك معرفة المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل وحجم غاز آخر مشارك في التفاعل على الأقل. افحص التفاعل في **الشكل 10–4** مثلاً، والذي يوضح احتراق غاز الميثان، وهذا التفاعل مألوف لك؛ إذ يحدث كلما أشعلت موقد بنزن.



الشكل 10–4 توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة العلاقة بين أعداد مولات المواد المتفاعلة والناتجة والعلاقة بين حجوم أي من الغازات المتفاعلة أو الناتجة. بناءً على هذه المعاملات، يمكن استخدام النسبة الحجمية لأي زوج من الغازات المتفاعلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ولأنّ المعاملات تمثل النسب الحجمية للغازات المشاركة في التفاعل فإنه يمكنك أن تحدد أنه يلزم 2 L من غاز الأكسجين لتتفاعل تمامًا مع 1 L من غاز الميثان. كما أنّ الاحتراق الكامل لـ 1 L من الميثان سوف ينتج 1 L من ثاني أكسيد الكربون و 2 L من بخار الماء.

لاحظ أنه لم يتم تحديد أي من الظروف مثل الضغط ودرجة الحرارة. فلا حاجه إليها في الحسابات الكيميائية؛ وذلك لأنه بعد الخلط سيكون كلا الغازين في نفس درجة الحرارة والضغط. ويمكن أن تتغير درجة الحرارة في أثناء التفاعل، لكن التغير في درجة الحرارة يؤثر في كل الغازات الموجودة في التفاعل بنفس الطريقة. لذا فإنك لا تحتاج لأخذ حالتي الضغط ودرجة الحرارة بعين الاعتبار.

مثال 7-4

مسائل حساب الحجم ما حجم غاز الأكسجين اللازم لإحراق 4.0 L من غاز البروبان C_3H_8 حرقًا كاملاً. افترض أن الضغط ودرجة الحرارة ثابتان.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت حجم الغاز المتفاعل في المعادلة الكيميائية. تذكر أن المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تزودك بالنسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة.

المعطيات

$V_{C_3H_8} = 4.00\ L$

المطلوب

$V_{O_2} = ?\ L$

2 حساب المطلوب

استخدم المعادلة الموزونة لاحتراق C_3H_8، ثم جد النسبة الحجمية لكل من C_3H_8 و O_2، ثم جد حجم غاز O_2

اكتب المعادلة الموزونة

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

جد النسبة الحجمية لـ O_2، C_3H_8

$$\frac{5\ \text{volume}\ O_2}{1\ \text{volume}\ C_3H_8}$$

اضرب حجم C_3H_8 المعروف بالنسبة الحجمية لإيجاد حجم O_2

$$V_{O_2} = (4.00\ L\ C_3H_8) \times \frac{5\ \text{volume}\ O_2}{1\ \text{volume}\ C_3H_8}$$

$$= 20.0\ L\ O_2$$

3 تقويم الإجابة

توضح المعاملات في معادلة تفاعل الاحتراق أنّ حجم غاز O_2 المستخدم في التفاعل أكبر كثيرًا من حجم C_3H_8، وهذا يتوافق مع الإجابة التي تم حسابها. وحدة الإجابة هي (L)، وهو وحدة حجم، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

38. كم لترًا من غاز البروبان C_3H_8 يلزم لكي تحترق حرقًا كاملاً مع 34.0 L من غاز الأكسجين؟

39. ما حجم غاز الهيدروجين اللازم للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأكسجين لإنتاج الماء؟

40. ما حجم غاز الأكسجين اللازم لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان CH_4 حرقًا كاملاً؟

41. تحفيز يتفاعل غازا النيتروجين والأكسجين لإنتاج غاز أكسيد ثاني النيتروجين N_2O. ما حجم غاز O_2 اللازم لانتاج 34 L من غاز N_2O؟

الكيمياء في واقع الحياة

استخدام الحسابات الكيميائية

الأفران تلزم نسب صحيحة من الغازات في كثير من التفاعلات الكيميائية. ورغم أن كثيرًا من أفران صناعة الفخار يتم تغذيتها بغاز الميثان فإن مزيجًا محددًا من البروبان والهواء يمكن أن يستخدم وقودًا في هذه الأفران إن لم يتوافر الميثان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل **11–4** تعد الأمونيا مادة أساسية لإنتاج الأسمدة الغنية بالنيتروجين. ويؤدي وجود النيتروجين في التربة بمستوى ملائم إلى تحسين المحصول الزراعي.

الحسابات الكيميائية: حسابات الحجم – الكتلة
Stoichiometry and Volume – Mass Problems

الربط مع علم الأحياء يمكنك تطبيق ما تعلمته عن الحسابات الكيميائية على إنتاج الأمونيا NH_3 من غاز النيتروجين N_2. فمصانع الأسمدة تستخدم الأمونيا لصناعة الأسمدة الغنية بالنيتروجين؛ فالنيتروجين عنصر مهم لنمو النباتات. ويعد تثبيت النباتات لنيتروجين الجو في التربة، وتحليل المواد العضوية، ومخلفات الحيوانات، من المصادر الطبيعية للنيتروجين في التربة. هذه المصادر لا توفر ما يكفي من النيتروجين لسد حاجة المزروعات. يوضح **الشكل 11–4** مزارعًا يسمد الأرض بسماد غني بالنيتروجين، وهذا يجعل المزارع قادرًا – بإذن الله – على إنتاج كميات أكثر من المحصول.

يوضح المثال 8–4 كيف يمكن استخدام غاز النيتروجين في إنتاج مقدار محدود من الأمونيا. تذكر عند حل هذا المثال أن المعادلة الكيميائية الموزونة تبين أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات فقط، وليس كتلها. لذا يجب أن يتم تحويل كل الكتل المعطاة إلى مولات أو حجوم قبل استخدامها جزءًا من النسبة. تذكر أيضًا أن وحدة درجة الحرارة يجب أن تكون بالكلفن.

المفردات

المفردات الأكاديمية

النسبة
العلاقة الكمية بين شيئين.
النسبة بين الهيدروجين والأكسجين في جزيء الماء هي 2:1

مثال 8-4

حسابات الحجم- الكتلة تحضّر الأمونيا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين وفق المعادلة :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

إذا تفاعل 5.00 L من غاز النيتروجين تمامًا مع غاز الهيدروجين عند ضغط جوي 3.00 atm ودرجة حرارة 298 K، فما كمية الأمونيا (g) التي تنتج عن التفاعل؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الحجم والضغط، ودرجة الحرارة لعينة من الغاز، كما أن النسبة الحجمية والمولية للغازات المتفاعلة والناتجة معطاة من خلال معاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة. يمكن تحويل الحجم إلى مولات باستخدام قانون الغاز المثالي، ومن ثم حساب الكتلة باستخدام الكتلة المولية.

المعطيات

$V_{N_2} = 5.00\ L$
$P = 3.00\ atm$
$T = 298\ K$

المطلوب

$m_{NH_3} = ?\ g$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2 حساب المطلوب

حدد عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن أن تنتج عن 5.00 L من غاز النيتروجين.

جد النسبة الحجمية لـ N_2 و NH_3 مستخدمًا المعادلة الموزونة

$$\frac{1 \text{ vol } N_2}{2 \text{ vol } NH_3}$$

قم بضرب الحجم المعروف من N_2 في النسبة الحجمية لإيجاد حجم NH_3

$$5.00 \text{ L } N_2 \left(\frac{2 \text{ vol } NH_3}{1 \text{ vol } N_2}\right) = 10.0 \text{ L } NH_3$$

استخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد قيمة n. ومن ثم احسب عدد مولات NH_3

اكتب نص قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

جد قيمة n

$$n = \frac{PV}{RT}$$

عوض V = 5.00L، P= 3.0 atm، T= 298 K

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}}\right)(298 \text{ K})}$$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

$$n = \frac{(3.00 \text{ atm})(10.0 \text{ L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L•atm}}{\text{mol•K}}\right)(298 \text{ K})} = 1.23 \text{ mol } NH_3$$

جد الكتلة المولية لـ NH_3

$$M = \left(\frac{1 \text{ N atom} \times 14.01 \text{ amu}}{1 \text{ N atom}}\right) + \left(\frac{3 \text{ H atoms} \times 1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}}\right)$$

$$= 17.04 \text{ amu}$$

عبر عن الكتلة المولية بوحدة g/mol

$$M = 17.04 \text{ g/mol}$$

حول مولات الأمونيا إلى جرامات الأمونيا

استخدم الكتلة المولية معاملًا للتحويل

$$1.23 \text{ mol } NH_3 \times \frac{17.04 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} = 21.0 \text{ g } NH_3$$

3 تقويم الإجابة

لتفحص إجابتك، احسب حجم النيتروجين المتفاعل عند (STP)، ثم الحجم المولي والنسبة المولية بين NH_3، N_2؛ لتحديد عدد مولات NH_3 الناتجة. وحدة الإجابة هي الجرام، وهي وحدة قياس الكتلة، وهناك ثلاثة أرقام معنوية.

مسائل تدريبية

42. نترات الأمونيوم مكون شائع في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل التالي لحساب كتلة نترات الأمونيوم الصلبة التي يجب أن تستخدم للحصول على 0.100 L من غاز أكسيد ثنائي النيتروجين عند الظروف المعيارية (STP).

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

43. عند تسخين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ تتحلل لتكون أكسيد الكالسيوم CaO الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2. ما عدد لترات ثاني أكسيد الكربون التي تتكون عند STP إذا تحلل 2.38 Kg من كربونات الكالسيوم تمامًا؟

44. عندما يصدأ الحديد يكون قد تفاعل مع الأكسجين ليكون أكسيد الحديد(III)

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

احسب حجم غاز الأكسجين عند STP اللازم ليتفاعل مع 52.0 g من الحديد تمامًا.

45. تحفيز أضيفت كمية فائضة من حمض الأسيتيك إلى 28g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة حرارة 25 °C، وضغط 1atm وفي أثناء التفاعل برد الغاز بحيث أصبحت درجة حرارته (20 °C). ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج؟

$$NaHCO_{3(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow NaCH_3COO_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل **12–4** لصناعة منتج ما بفاعلية كهذه المنتجات البلاستيكية، من الضروري إجابة الأسئلة الآتية: ما مقدار المتفاعلات التي يجب شراؤها؟ ما مقدار النواتج؟

تعتمد العمليات الصناعية على الحسابات الكيميائية التي درستها في الأمثلة السابقة؛ فغاز الإيثين C_2H_4 مثلًا، والذي يدعى أيضًا الإثيلين، هو المادة الخام لصناعة مبلمر البولي إيثيلين. ينتج البولي إثيلين عندما تتحد مجموعة كبيرة من الوحدات الأساسية (جزيئات الإيثين $-CH_2-CH_2-$) في صورة نمط متكرر في سلاسل. وتستخدم هذه المبلمرات في صناعة الكثير من مستلزمات الحياة اليومية، كما يبين **الشكل 12–4**. والمعادلة التالية توضح الصيغة العامة لتفاعل البلمرة، حيث تمثل n عدد الوحدات المتكررة.

$$n(C_2H_4)_{(g)} \rightarrow -(CH_2-CH_2)_{n(s)}-$$

لو كنت مهندسًا في مصنع لصناعة البولي إثيلين فإنك ستحتاج لمعرفة بعض خصائص غاز الإثيلين، ومعرفة تفاعلات البلمرة أيضًا، وستساعدك المعلومات المتعلقة بقوانين الغازات على حساب كتلة وحجم المادة الخام اللازمة تحت درجات حرارة وضغط مختلفة لصناعة أنواع مختلفة من البولي إثيلين.

التقويم 4-3

الخلاصة

- تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة النسبَ الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلات الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

46. الفكرة الرئيسة **فسر** عندما يتفاعل غاز الفلور مع بخار الماء يحدث التفاعل الآتي:

$$2F_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow O_{2(g)} + 4HF_{(g)}$$

فإذا بدأ التفاعل بـ 2 L من غاز الفلور فما حجم بخار الماء (L) اللازم للتفاعل مع غاز الفلور؟ وما حجم غاز الأكسجين وغاز فلوريد الهيدروجين الناتجين؟

47. حلل هل يتناسب حجم الغاز تناسبًا طرديًّا أو عكسيًّا مع عدد مولات الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين؟ فسر إجابتك.

48. احسب يشغل 1mol من الغاز حجمًا مقداره 22.4 L عند الظروف المعيارية (STP)، احسب درجة الحرارة والضغط اللازمين لإدخال 2 mol من الغاز في حجم 22.4 L.

49. فسر البيانات يتفاعل غاز الإيثين C_2H_4 مع غاز الأكسجين ليكونا غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل، ثم حدد النسبة المولية للمواد الموجودة على كل جهة من المعادلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الكيمياء والصحة

الصحة والضغط

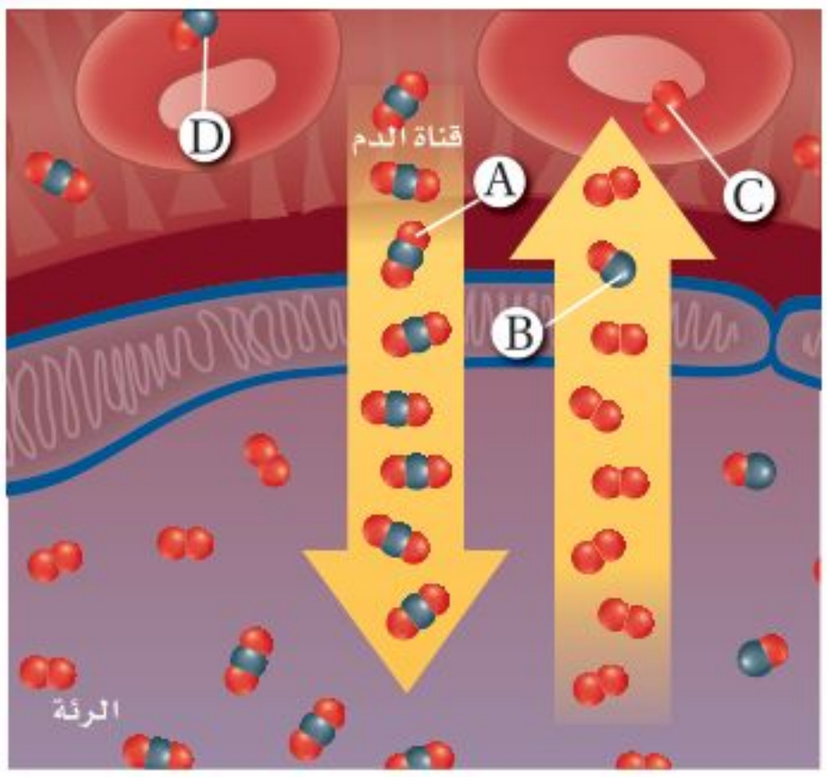
تعيــش حياتك اليومية وتعمل وتلعــب في الهواء حيث يكون الضغط 1atm تقريبًا، ونسبة الأكسجين 21%، فهل تساءلت يومًا: ماذا يمكن أن يحدث لو كان الضغط ونسبة الأكسجين في الهواء أكثر؟ هل كنت ستتعافى من المرض أو الجروح بسرعة؟ هذه الأسئلة هي جوهر العلاج بالأكسجين المضغوط.

العلاج بالأكسـجين المضغوط Hyperbaric medicine

إن كلمــة (hyper) تعني عاليًا أو زائدًا. و(bar) هي وحدة الضغط، وتســاوي 100 KPa، وهذا تقريبًا الضغط الجوي الطبيعي. لهذا فإن المصطلح hyperbaric يشــير إلى ضغط أعلى من الضغط الطبيعي. يتعــرض المرضى الذين يعالجون بالأكســجين المضغوط لضغط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

ضغط الأكسـجين يرتبــط ارتفاع الضغط غالبًــا مع ارتفاع تركيز الأكســجين الــذي يتلقــاه المرضى. ويشــير العلاج بالأكسجين المضغوط (HBOT) إلى علاج بوساطة أكسجين تركيزه 100%. ويبين الشــكل 1 غرفة المعالجة بالأكسجين المضغوط؛ حيث يمكن أن يصــل الضغط في هذه الغرفة إلى خمسة أو ستة أضعاف الضغط العادي. وتستخدم HBOT في معالجة الكثير من الحالات، ومنها الحروق والدوار والجروح التي لا تلتئم بسرعة والأنيميا وبعض الأمراض المعدية.

الشكل 1 يستلقي المريض في غرفة العلاج في أثناء (HBOT)، ويتحكم الفني في الضغط ونسبة الأكسجين.



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين وجهاز الدوران.

التسمم بغاز أول أكسيد الكربون استخدم **الشكل 2** لمعرفة كيف يساعد (HBOT) على علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون.

التبــادل الطبيعــي للغاز ينتقل غاز O_2 من الرئتين إلى الدم، ويرتبط مع هيموجلوبين الــدم في خلايا الدم الحمــراء، فيتحرر ثاني أكسيد الكربون CO_2 كما يظهر عند الموضع A.

تبــادل الغــاز غير الطبيعي إذا دخل أول أكســيد الكربون إلى الدم كما يوضحــه الرمز B، عوضًا عن الأكســجين فإنه يرتبط مع الهيموجلوبين، وتبدأ خلايا الجســم تموت نتيجة حرمانها من الأكسجين.

الأكسـجين في بلازمـا الـدم بالإضافــة إلى الأكســجين الذي يحمله الهيموجلوبين يذوب الأكســجين في بلازما الدم كما هو مبين في C. وتســاعد المعالجة بالأكســجين (HBOT) على زيادة تركيز الأكسجين المذاب إلى المقدار الذي يحافظ على الجسم سليمًا.

التخلص من أول اكسـيد الكربون يســاعد الأكسجين المضغوط على التخلص من أول أكســيد الكربون المرتبط مع الهيموجلوبين، كما هو موضح في D.

الكتابة في الكيمياء أعد كتيبًا معلومات حول استخدام (HBOT) لعلاج الجروح التي لا تلتئم بسرعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الفشار

الخلفية النظرية عندما يكون ضغط بخار الماء داخل حبات الذرة المجففة(الفشار) كبيرًا بشكل كافٍ، تتحول الحبات إلى فشار وتطلق بخار ماء. ويمكن استخدام قانون الغاز المثالي في إيجاد الضغط في هذه الحبات عند انفجارها.

سؤال ما مقدار الضغط اللازم لنفش حبات الفشار؟

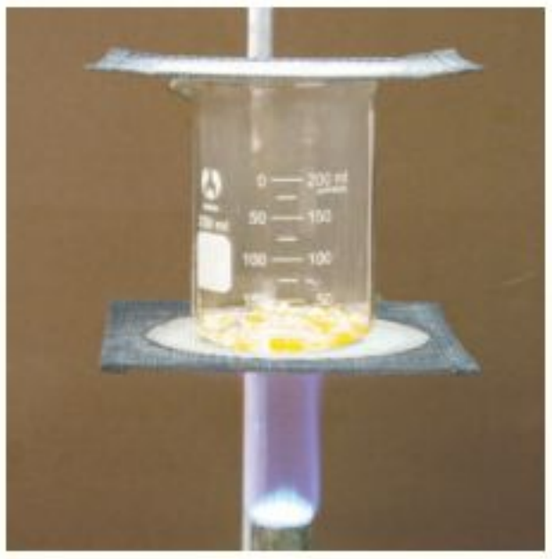
المواد والأدوات

حبات ذرة (18–20)	مخبار مدرج 10 mL
زيت نباتي 1.5 mL	كأس زجاجية 250 mL
شبكة تسخين مربعة 2	ماسك كأس
موقد بنزن	ميزان
حامل حلقة	ماء مقطر
حلقة حديدية صغيرة	ورق تنشيف

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدولاً لتسجيل البيانات.
3. ضع 5mL تقريبًا من الماء المقطر في مخبار مدرج، وسجل حجمه.
4. ضع 18– 20 حبة فشار في المخبار المدرج مع الماء، وحرّك المخبار المدرج بلطف؛ لتجبر فقاقيع الهواء على الخروج، ثم سجل حجم الماء وحبات الذرة معًا.
5. أخرج الحبات من المخبار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات الجافة مع 1.5 mL – 1.0 من الزيت النباتي في كأس زجاجية.
7. قس الكتلة الكلية للكأس والزيت وحبات الذرة.
8. ركب الجهاز، كما يظهر في الصورة.
9. سخن الكأس بهدوء باستخدام الموقد، وحرّك الموقد إلى الأمام والخلف لتسخين الزيت بالتساوي.
10. لاحظ التغيرات في حبات الذرة في أثناء التسخين، ثم أطفئ الموقد عندما تتفرقع حبات الذرة.
11. استخدم ماسك الكأس لإبعاد الكأس عن الحلقة، واتركه حتى يبرد تمامًا.



12. قس الكتلة النهائية للكأس والزيت والفشار.
13. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلص من حبات الذرة والزيت باتباع تعليمات معلمك. نظّف الأدوات المختبرية وضعها في أماكنها.

حلل واستنتج

14. **احسب** حجم حبات الذرة باللتر، وذلك من خلال إيجاد الفرق بين حجم الماء المقطر في المخبار قبل إضافة الذرة وبعده.
15. **احسب** الكتلة الكلية لبخار الماء المنطلق مستخدمًا قياسات كتل الكأس والزيت وحبات الذرة قبل النفش وبعده.
16. **حوّل** استخدم الكتلة المولية للماء؛ لإيجاد عدد مولات الماء المتحررة.
17. **استخدام الصيغ** اعتبر أن درجة حرارة الزيت المغلي 225°C هي درجة حرارة الغاز، واحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي.
18. **قارن** بين الضغط الجوي وضغط بخار الماء في الحبات.
19. **استنتج** لماذا لم تنفش حبات الذرة جميعها؟
20. **تحليل الخطأ** حدّد مصادر الخطأ في هذه التجربة، واقترح طريقة لتصحيحها.

الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لفرقعة أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تستجيب الغازات لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

4-1 قوانين الغازات

الفكرة الرئيسة إن تغير الضغط أو درجة الحرارة أوالحجم لكمية ثابتة من غاز ستؤثر على المتغيرين الآخرين.

المفردات

- قانون بويل
- الصفر المطلق
- قانون شارل
- قانون جاي- لوساك
- القانون العام للغازات

المفاهيم الرئيسة

- ينص قانون بويل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

- ينص قانون شارل على أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

- ينص قانون جاي- لوساك على أن ضغط كمية محددة من الغاز يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات الحجم.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

- يربط القانون العام للغازات كلًّا من درجة الحرارة والضغط والحجم في معادلة واحدة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

4-2 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسة يربط قانون الغاز المثالي عدد المولات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

المفردات

- مبدأ أفوجادرو
- الحجم المولاري
- ثابت الغاز المثالي (R)
- قانون الغاز المثالي

المفاهيم الرئيسة

- ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.
- يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز مع ضغطه ودرجة حرارته وحجمه.

$$PV = nRT$$

- يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن استخدامه أيضًا لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت كتلته المولية معروفة.

$$M = \frac{mRT}{PV} \qquad D = \frac{MP}{RT}$$

- تسلك الغازات الحقيقية عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة سلوكًا مغايرًا لسلوك الغاز المثالي.

4-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

الفكرة الرئيسة عندما تتفاعل الغازات فإن المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة التي تمثل هذه التفاعلات تشير إلى أعداد المولات والحجوم النسبية للغازات.

المفاهيم الرئيسة

- تحدد المعاملات في المعادلات الكيميائية الموزونة النسب الحجمية للغازات المتفاعلة والناتجة.
- يمكن أن تستخدم قوانين الغازات مع المعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كميات الغازات المتفاعلة أو الناتجة عن التفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4-1

إتقان المفاهيم

50. اذكر نصوص قوانين بويل، وشـــارل، وجاي- لوســاك والقانون العام للغازات، واكتب معادلاتها.

51. إذا تناسب متغيران تناســبًا عكسيًّا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

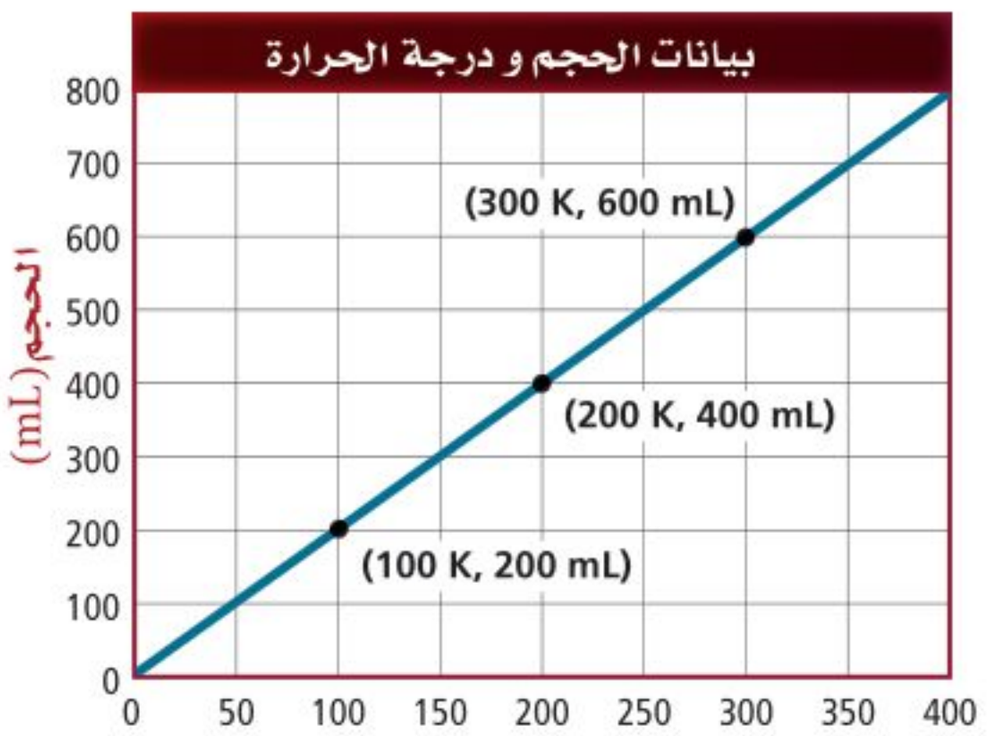
52. إذا تناسب متغيران تناسبًا طرديًّا فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

53. ما الظروف المعيارية المستخدمة في حسابات الغازات؟

54. حــدّد وحدات الضغط والحجم ودرجــة الحرارة الأكثر استعمالًا.

إتقان المسائل

55. استعمل قانون شارل لتحديد صحة بيانات **الشكل 13-4**.



الشكل 13-4

56. بالونات الطقس أطلق بالون طقس، وكان حجمه $5.0\ X\ 10^4\ L$ عندمــا كان ضغطه 0.995 atm، ودرجة حرارة المحيــط 32.0°C ، وبعــد إطلاقه ارتفــع إلى علو كان الضغط عنده 0.720 atm ودرجة الحرارة −12.0°C. احسب حجم البالون عند هذا الارتفاع.

57. استعمل قوانين بويل وشــارل وجاي- لوساك لحساب القيم المفقودة في كل مما يأتي:

a. $V_1 = 2.0\ L,\ P_1 = 0.82\ atm,\ V_2 = 1.0\ L,\ P_2 = ?$

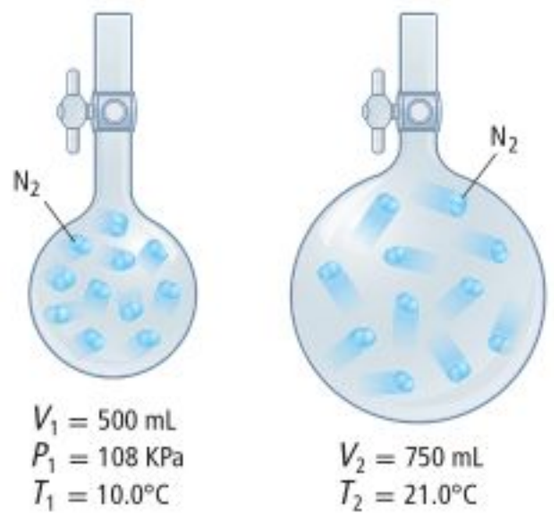
b. $V_1 = 250\ mL,\ T_1 = ?,\ V_2 = 400\ mL,\ T_2 = 298\ K$

c. $V_1 = 0.55\ L,\ P_1 = 740\ mm\ Hg,\ V_2 = 0.80\ L,\ P_2 = ?$

58. بالونات الهواء الساخن إذا كان حجم عينة من الهواء 2.5 L عند درجة حرارة 22.0°C، فكم يصبح حجم هذه العينة إذا نقلت إلى بالون هواء ساخن، حيث تبلغ درجة الحرارة 43.0°C ؟ افترض أن الضغط ثابت داخل البالون.

59. ما ضغط حجــم ثابت من غــاز الهيدروجين عند درجة حــرارة 30.0°C، إذا كان ضغــط غــاز الهيدروجــين 1.11 atm عند درجة حرارة مقدارها 15.0°C ؟

60. نقلت كمية من غاز النيتروجين من وعاء صغير إلى وعاء أكبر منه، كما هو مبين في **الشكل 14-4**. ما مقدار ضغط غاز النيتروجين في الوعاء الثاني؟



الشكل 14-4

4-2

إتقان المفاهيم

61. اذكر نص مبدأ أفوجادرو.

62. اذكر نص قانون الغاز المثالي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

63. ما حجم 1mol من الغاز في الظروف المعيارية؟ وما حجم 2mol من الغاز في الظروف المعيارية؟

64. ما المقصود بالغاز المثالي؟ ولماذا لا يوجد مثل هذا الغاز في الطبيعة؟

65. ما الشرطان اللذان لا يمكن أن يكون سلوك الغاز عندهما مثاليًّا؟

66. ما وحدات الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسّر ذلك.

إتقان المسائل

67. غاز المنازل يستعمل غاز البروبان C_3H_8 في المنازل لأغراض الطهي والتدفئة.

a. احسب حجم 0.540 mol من البروبان في الظروف المعيارية.

b. فكر في حجم هذه الكمية ومقدار البروبان الموجود فيها، ثم فسر لماذا يتحول غاز البروبان إلى سائل قبل نقله؟

68. مهن في الكيمياء قاس كيميائي أقل ضغط يمكن الوصول إليه في المختبر فكان 1.0×10^{-15} mm Hg، ما عدد جسيمات غاز حجمه 1.00 L ودرجة حرارته 22.0°C عند هذا الضغط؟

69. احسب عدد مولات O_2 الموجودة في وعاء مغلق حجمه 2.00 L ودرجة حرارته 25.0°C، إذا كان ضغطه (3.50 atm). ما عدد المولات الموجودة في الوعاء إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 49.0°C وبقي الضغط ثابتًا؟

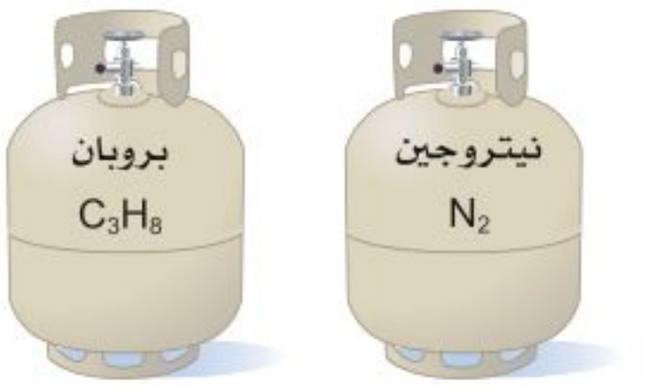
70. العطور يوجد مركب جيرانيول في زيت الورد المستخدم في صناعة العطور. ما الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L، عند درجة حرارة 260.0°C، وضغط جوي مقداره 0.140 atm؟

71. جد حجم 42 g من غاز أول أكسيد الكربون في الظروف المعيارية STP.

72. حدّد كثافة غاز الكلور عند درجة 22.0°C وضغط جوي (1.00 atm).

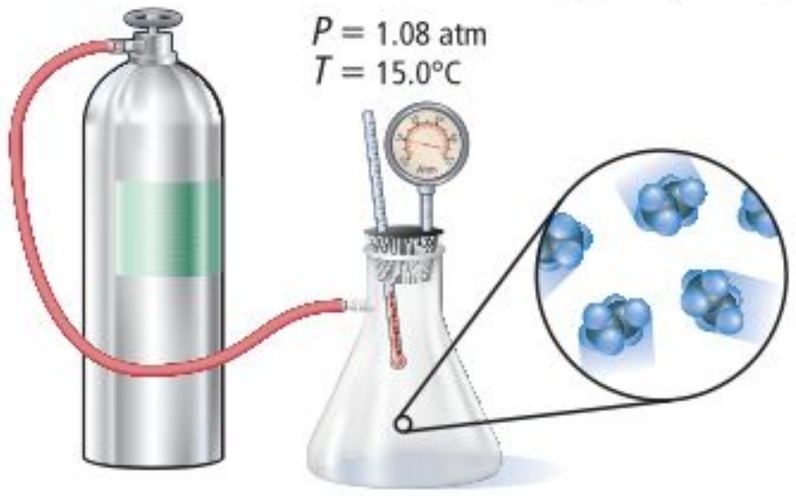
73. أي الغازات في **الشكل 15-4** يشغل الحجم الأكبر في الظروف المعيارية STP؟ فسر إجابتك.

74. إذا احتوى كل من الوعائين في **الشكل 15-4** على 4.0L من الغاز فما مقدار الضغط في كل منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.



الشكل 15-4

75. مُلئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في **الشكل 16-4**. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 16-4

76. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين N_2، ضغطها 5.30 atm في وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C ؟

77. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L، عند درجة حرارة 35.0°C، وضغط جوي مقداره 3.1 atm ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

78. تَشــارك غازان قبل التفاعل في وعــاء عند درجة حرارة 200 K، وبعد التفاعل بقي الناتج في الوعاء نفســه عند درجــة 400 K، فإذا كان كل من V و P ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

4-3

إتقان المفاهيم

79. لماذا يعد من الضروري موازنة المعادلة قبل استخدامها في تحديد حجوم الغازات المتضمنة في التفاعل؟

80. ليــس من الضروري أخذ درجة الحــرارة والضغط بعين الاعتبار عند اســتخدام المعادلة الموزونة لتحديد الحجم النسبي للغاز. لماذا؟

81. فسر لماذا لا تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة أعداد المولات فقط، وإنما أيضًا الحجوم النسبية للغازات؟

82. هل تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة الحجوم النسبية للسوائل والمواد الصلبة؟ فسر إجابتك.

إتقان المسائل

83. إنتاج الأمونيا تتكون الأمونيا من تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين. ما عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن إنتاجها من 13.7 L من غــاز الهيدروجين عند 93.0°C وضغط مقداره 40.0 kPa؟

84. عينة من غاز كبريتيــد الهيدروجين حجمها 6.5 L، تمت معالجتها مع محفز لتسريع التفاعل الآتي:

$$2H_2S_{(g)}+O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}+2S_{(s)}$$

فإذا تفاعل H_2S تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة مقدارها 290 K فما كتلة(g) بخار الماء الناتج.

85. ما عدد لترات غاز النيتروجين وغاز الأكســجين اللازمة لإنتاج 15.4 L من أكســيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط جوي 2.0 atm؟

86. ادرس التفاعل المبين أدناه ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

$$2CO_{(g)}+2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)}+2CO_{2(g)}$$

a. ما نســبة حجم أول أكســيد الكربون إلى حجم ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الكيميائية الموزونة.

b. إذا تفاعــل 42.7 g CO تمامًا عند STP فما حجم غاز النيتروجين الناتج؟

87. عندما يحترق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لإنتاج بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة تساوي 350°C وضغط جوي 0.990 atm فــما كتلة بخار الماء الناتجة؟

88. عند تســخين كلــورات البوتاســيوم الصلبــة $KClO_3$ فإنها تتحلل لتنتــج كلوريد البوتاســيوم الصلب وغاز الأكسجين. فإذا تحلل 20.8 g من كلورات البوتاسيوم، فما عدد لترات غاز الأكســجين التي ستنتج في الظروف المعيارية STP؟

مراجعة عامة

89. تلفاز احســب الضغط داخل أنبوب الصورة في التلفاز، إذا كان حجمه 3.50L، ويحتوي على $2.00X10^{-5}$ g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي (22.0°C).

90. احسب عدد اللترات التي يمكن أن تشغلها كتلة مقدارها 8.80 g من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة عند:

a. STP

b. 3.00 atm و160°C

c. 288 K و 118 Kpa

91. إذا احــترق 2.33 L من غاز البروبــان عند درجة حرارة 24°C وضغط جــوي 67.2 Kpa احتراقًا تامًّا في كمية فائضة من الأكســجين، فــما عدد مولات ثاني أكســيد الكربون التي تنتج؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

92. التنفس يتنفس الإنسان 0.50 L من الهواء تقريبًا خلال التنفس الطبيعي. افترض أن ذلك يتم في الظروف الطبيعية STP.

a. ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة جبل إفرست إذا كانت درجة الحرارة 60°C–، والضغط 253 mm Hg؟

b. يحتوي الهواء الطبيعي على 21% أكسجين، فإذا كان يحتوي على 14% من الأكسجين فوق قمة إفرست، فما حجم الهواء الذي يحتاج إليه الإنسان لتزويد الجسم بالمقدار نفسه من الأكسجين؟

93. يحترق غاز الميثان CH_4 كاملاً عند تفاعله مع غاز الأكسجين ليكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. اكتب النسبة الحجمية بين الميثان والماء في هذا التفاعل.

التفكير الناقد

94. طبّق يجب أن يكون حجم بالون من الهيليوم 3.8L على الأقل ليرتفع في الهواء، وعند إضافة 0.1mol من الهيليوم إلى البالون الفارغ أصبح حجمه (2.8L). ما عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع؟ افترض أن كلًّا من P، T ثابتان.

95. احسب يستخدم مصنع للألعاب تترافلورو إيثان $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة عالية لملء القوالب البلاستيكية.

a. ما كثافة $C_2H_2F_4$ بوحدة g في L في الظروف المعيارية STP؟

b. أوجد عدد الجزئيات في لتر من $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة 220°C و1atm ضغط جوي.

96. حلّل يزن مكعب صلب من الجليد الجاف 0.75 Kg (CO_2) تقريبًا، فما حجم غاز CO_2 في الظروف المعيارية عندما يتسامي المكعب كليًّا؟

97. حلّل عندما يتفكك النيتروجلسرين $C_3H_5N_3O_9$ فإنه يتحلل إلى الغازات الآتية: H_2O، NO، N_2، CO_2. ما حجم مزيج الغازات الناتجة عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 2678 °C إذا تفكك 239 g من النيتروجلسرين؟

98. طبق ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي (R) في المعادلة $\frac{cm^3 \cdot Pa}{K \cdot mol}$ ؟

99. استنتج هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقل من قيمة الضغط الحقيقي الذي تحدثه عينة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسر إجابتك.

مسألة تحفيز

100. الخَبز يستخدم أحد الخبازين صودا الخبز لنفخ الكعك، وتتحلل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقًا للتفاعلين الآتيين:

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

$$NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$$

احسب حجم CO_2 المتكون لكل جرام من $NaHCO_3$ في كلا التفاعلين. افترض أن التفاعل يحدث عند 210°C وضغط جوي مقداره 0.985 atm

مراجعة تراكمية

101. حول كل كتلة مما يأتي إلى ما يكافئها بـ Kg:

a. 247 g **c.** 7.23 mg

b. 53 mg **d.** 975 mg

102. أي جسيمات الغازات الآتية لها أعلى متوسط سرعة، وأيها لها أقل متوسط سرعة؟

a. أول أكسيد الكربون عند 90°C

b. ثالث فلوريد النيتروجين عند 30°C

c. الميثان عند 90°C

d. أول أكسيد الكربون عند 30°C

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

103. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل ذرة فيما يأتي:

a. اليود
b. البورون
c. الكروم
d. الكربتون
e. الكالسيوم
f. الكادميوم

104. اذكر عدد الإلكترونات في كل مستوى من مستويات الطاقة، ثم اكتب البناء الإلكتروني النقطي لكل عنصر من العناصر الآتية:

a. kr
b. Sr
c. P
d. B
e. Br
f. Se

105. إذا أعطيت محلولين شفافين عديمي اللون، وكان أحدهما يحتوي مركبًا أيونيًّا، والآخر مركبًا تساهميًّا، فكيف يمكنك تحديد أي المحلولين أيوني، وأيهما تساهمي؟

106. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل تفاعل من التفاعلات الآتية:

a. إحلال الزنك مكان الفضة في محلول كلوريد الفضة.

b. تفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

107. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم ببالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقق حتى عام 1999م. اكتب تصوراتك عن الرحلة، وصف كيف يتحكم تغير درجة حرارة البالون في ارتفاع البالون؟

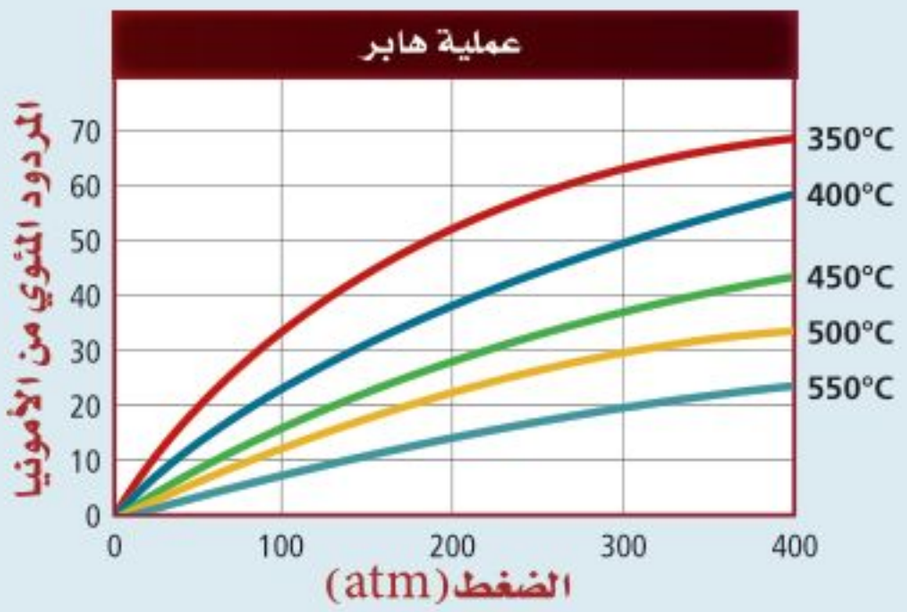
108. جهاز التنفس تحت الماء ابحث في أثر منظمات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يستخدمها الغواصون، واشرحه.

أسئلة المستندات

عملية هابر تستخدم الأمونيا NH_3 في عملية صناعة الأسمدة والمبردات والأصباغ والبلاستيك. وعملية هابر طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتمثل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المنعكس:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92\ kJ$$

يوضّح **الشكل 17-4** أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.



الشكل 17-4

109. فسر كيف تتأثر نسبة المردود المئوية للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟

110. تتم عملية هابر عند ضغط مقداره 200 atm، ودرجة حرارة 450°C، حيث أثبتت هذه الظروف إمكانية إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا خلال زمن قصير.

a. ما أثر إجراء التفاعل عند ضغط أعلى من 200 atm، عند درجة حرارة الوعاء الذي يتم فيه التفاعل؟

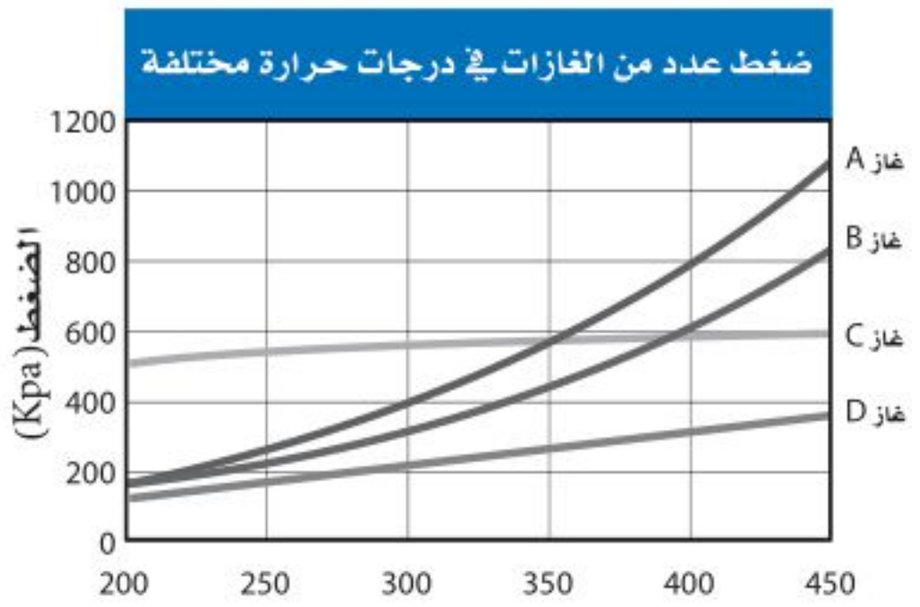
b. ترى، كيف يؤثر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى 450°C على الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 ، 2:



1. أي مما يأتي يوضحه الرسم البياني أعلاه:

a. عندما تزداد درجة الحرارة يقل الضغط.

b. عندما يزيد الضغط يقل الحجم.

c. عندما تزيد درجة الحرارة يقل عدد المولات.

d. عندما يقل الضغط تقل درجة الحرارة.

2. أي الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a. الغاز A

b. الغاز B

c. الغاز C

d. الغاز D

3. يستخدم حمض الهيدروفلوريك HF في صناعة الأدوات الإلكترونية، وهو يتفاعل مع سليكات الكالسيوم $CaSiO_3$، الذي يعدّ أحد مكونات الزجاج. ما الخاصية التي تحول دون نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في أوعية زجاجية؟

a. خاصية كيميائية

b. خاصية فيزيائية كمية

c. خاصية فيزيائية نوعية

d. خاصية كمية

4. يعد هيدروكسيد الصوديوم NaOH قاعدة قوية، تستخدم في فتح مصارف الصرف الصحي. ما نسب مكونات هيدروكسيد الصوديوم؟

a. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H

b. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H

c. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H

d. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

5. ملئ منطاد صغير وهو على سطح الأرض بـ 5.66×10^6 L من غاز الهيليوم He، وكان الضغط داخل المنطاد 1.10 atm، عند درجة حرارة 25°C، فإذا بقي الضغط داخل المنطاد ثابتًا، فكم يكون حجمه عند ارتفاع 2300 m حيث درجة الحرارة 12°C؟

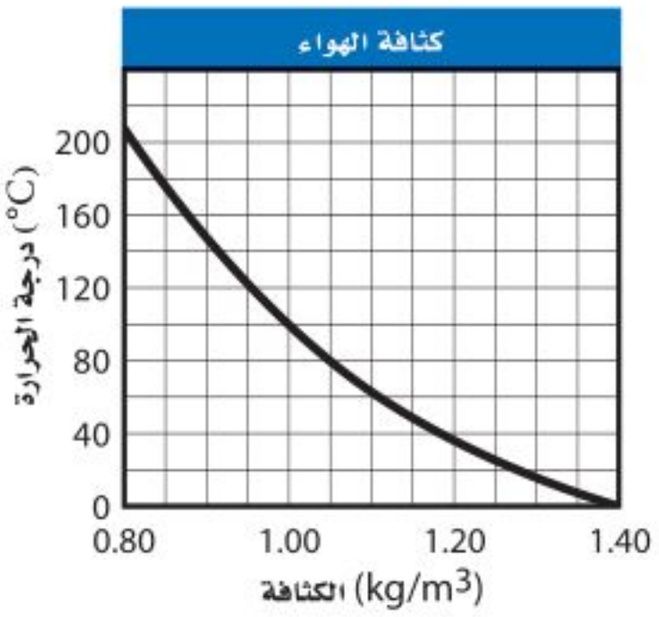
a. 2.72×10^6 L

b. 5.40×10^6 L

c. 5.66×10^6 L

d. 5.92×10^6 L

6. يوضح الرسم البياني نتائج تجربة تم فيها تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وكثافة الهواء. ما المتغير المستقل في هذه التجربة؟



a. الكثافة

b. الكتلة

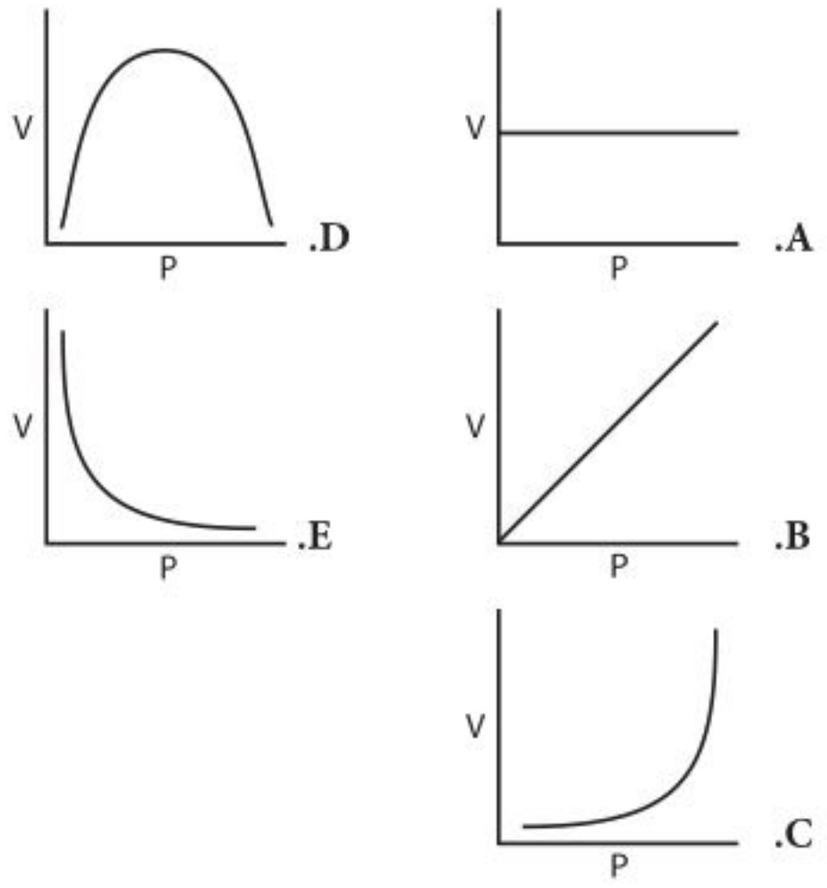
c. درجة الحرارة

d. الزمن

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

7. أي الرسوم البيانية توضح العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة الحرارة.



8. ما مقدار الضغط الذي يحدثه 0.0468 g من الأمونيا NH_3 على جدران وعاء حجمه 4.00 L عند درجة 35.0 °C، على افتراض أنه يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a. 0.0174 atm **d.** 0.278 atm

b. 0.00198 atm **e.** 0.0 , 126 atm

c. 0.296 atm

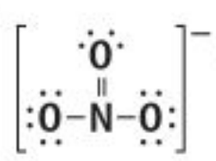
أسئلة الإجابات القصيرة

9. صف الملاحظات التي تقدم دليلاً على حدوث التفاعل الكيميائي.

10. حدّد سبعة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة، وفسر لماذا تتشارك ذرات هذه الجزيئات في زوج من الإلكترونات؟

11. يوضح الرسم أدناه بناء لويس لأيون النترات المتعدد الذرات (NO_3^-).

عرف مفهوم متعدد الذرات، وأعطِ أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.



أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 12:

مستويات غاز الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005

التاريخ	مستوى الرادون mJ/m^3	التاريخ	مستوى الرادون mJ/m^3
8 /04	0.15	2 /05	0.05
9 /04	0.03	3 /05	0.05
10 /04	0.05	4 /05	0.06
11 /04	0.03	5 /05	0.13
12 /04	0.04	6 /05	0.05
1 /05	0.02	7 /05	0.09

12. يعد غاز الرادون من الغازات المشعة، وينتج عندما يتحلل الراديوم في الصخور والتربة، وهو مادة مسرطنة. توضح البيانات أعلاه مستويات الرادون التي تم قياسها في منطقة معينة. اختر طريقة لتمثيل هذه البيانات بيانيًا. فسر سبب اختيارك لهذه الطريقة ومثل البيانات بيانيًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(أ)

الإيثرات Ethers مركبات عضوية تحتوي ذرة أكسجين مرتبطة مع ذرتين من الكربون. والصيغة العامة للإيثرات هي 'ROR.

الأمينات Amines مركبات عضوية تحتوي ذرات نيتروجين مرتبطة بذرات الكربون في سلاسل أليفاتية أو حلقات أروماتية، ولها الصيغة العامة RNH_2.

الألدهيدات Aldehydes مركبات عضوية تقع فيها مجموعة الكربونيل في آخر السلسلة، وتكون مرتبطة مع ذرة كربون متصلة بذرة هيدروجين من الطرف الآخر. والصيغة العامة للألدهيدات RCHO، حيث R مجموعة الألكيل أو ذرة الهيدروجين.

الأحماض الكربوكسيلية Carboxylic Acid مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل COOH–.

الأحماض الدهنية Fatty Acids وحدة بناء رئيسية مشتركة في الليبيدات وهي أحماض كربوكسيلية ذات سلاسل طويلة.

الإسترات Ester مركبات عضوية تحتوي على مجموعة كربوكسيل حلت فيها مجموعة ألكيل محل ذرة الهيدروجين الموجودة في مجموعة الهيدروكسيل، ويمكن ان تكون مواد متطايرة وذات رائحة عطرية، وهي من المركبات القطبية.

الأميدات Amides مركبات عضوية تنتج عن استبدال مجموعة OH– في الحمض الكربوكسيلي بذرة نيتروجين مرتبطة بذرات أخرى.

الأحماض الأمينية Amino Acid جزيئات عضوية توجد فيها مجموعة الأمين ومجموعة الكربوكسيل الحمضية.

الإنزيمات Enzymes عوامل محفزةٌ حيويةٌ تعمل على تسريع التفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك.

الألكان Alkane هيدروكربون يحتوي روابط مفردة بين الذرات.

الألكاين Alkyne مركب هيدروكبوني غير مشبع كالإيثاين (C_2H_2) يحتوي على رابطة ثلاثية أو أكثر.

الألكين Alkene هيدروكربون غير مشبع كالإيثين (C_2H_2) يحتوي رابطة تساهمية ثنائية أو أكثر.

الألكان الحلقي Cycloalkane هيدروكربون حلقي يحتوي على روابط تساهمية مفردة فقط، ويتكون من حلقات فيها ثلاثة ذرات كربون أو أكثر.

(ب)

البلاستيك Plastic بوليمر يمكن تسخينه وتشكيله عندما يكون لينًا. وهناك بلاستيك آخر شائع يسمى الفينيل وهو البولي فينيل كلوريد (PVC) والذي يمكن صناعته في صورة لينة أو صلبة، ويمكن تشكيله على شكل صفائح رقيقة، أو نماذج للألعاب.

البوليمرات Polymers جزيئات كبيرة تتكون من العديد من الوحدات البنائية المتكررة.

البلمرة بالإضافة AdditionPolymerization التفاعل الذي تتكسر فيه الروابط غير المشبعة تماما كما في تفاعلات الإضافة، والاختلاف الوحيد بينهما هو ان الجزيء الثاني المضاف هو جزيء المادة نفسها.

البلمرة بالتكاثف Condensation Polymerigation التفاعل الذي يحدث عندما تحتوي المونومرات على اثنتين من المجموعات الوظيفية على الأقل وتتحد مع بعضها ويصاحب ذلك فقد جزيء صغير غالبًا ما يكون الماء.

البروتينات Proteins مركبات عضوية حيوية تتكون من أحماض أمينية مرتبطة معًا بترتيب معين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الببتيدات Peptides السلاسل المكونة من حمضين أمينيين أو أكثر، ترتبط معًا بروابط ببتيدية.

(ت)

تفاعل الاستبدال Substitution Reactions التفاعلات تحل فيها ذرة أو مجموعة من الذرات في الجزيء محل ذرة أو مجموعة أخرى من الذرات.

تفاعلات التكاثف Condensation Reactions التفاعلات التي يتم فيها ارتباط اثنين من جزيئات صغيرة لمركبات عضوية لتكوين جزيء آخر أكثر تعقيدًا. ويرافق هذه العملية فقدان جزيء صغير مثل الماء. وينتج هذا الجزيء عادة من كلا الجزيئين المتحدين.

تفاعلات الحذف Elimination Reactions التفاعلات التي يتم فيها حذف ذرتين من الذرات المرتبطة مع ذرتي كربون متجاورتين؛ حيث يتم إضافة رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون. وغالبًا ما تكوّن الذرات التي تحذف جزيئات مستقرة، مثل H_2O، أو HCl، أو H_2.

تفاعلات حذف الهيدروجين Dehydrogenation Reactions التفاعلات التي يصاحبها حذف ذرتي هيدروجين.

تفاعلات حذف الماء Dehydration Reactions تفاعلات الحذف التي يصاحبها تكوين الماء.

تفاعلات الإضافة Addition Reactions التفاعل الذي يتم فيه ارتباط ذرات أخرى مع ذرات الكربون المكونة للرابطة التساهمية الثنائية أو الثلاثية. ويتضمن هذا التفاعل تكسير الرابطة الثنائية في الألكينات أو الرابطة الثلاثية في الألكاينات.

تفاعل إضافة الماء Hydration Reaction التفاعلات التي يتم فيه إضافة ذرة الهيدروجين ومجموعة الهيدروكسيل من جزيء الماء إلى الرابطة الثنائية أو الثلاثية.

تفاعلات الهدرجة Hydrogenation Reactions تفاعلات إضافة الهيدروجين إلى ذرات الكربون التي تكوّن الرابطة الثنائية أو الثلاثية. وعندما يتفاعل جزيء واحد من H_2 مع الرابطة الثنائية بشكل كامل، يضاف H_2 إلى الرابطة الثنائية في الألكينات، يتحول الألكين إلى ألكان.

تفاعلات البلمرة Polymerization Reactions التفاعلات التي ترتبط فيها المونومرات مع بعضها البعض.

تغيير الخواص الطبيعية الأصلية Denaturation العملية التي تشوه تركيب البروتين الطبيعي الثلاثي الأبعاد وتمزقه أو تتلفه.

التصبُّن Saponification تميُّه الجلسريد الثلاثي بوجود محلول مائي لقاعدة قوية لتكوين أملاح الكربوكسيلات والجلسرول.

التقطير التجزيئي Fractional Distillation عملية فصل مكونات البترول إلى مكونات أبسط منها من خلال تكثفها عند درجات حرارة مختلفة.

التكسير الحراري Cracking العملية التي يتم فيها تحويل المكونات الثقيلة للبترول الى جازولين عن طريق تكسير الجزيئات الكبيرة الى جزيئات أصغر.

(ث)

ثابت الغاز المثالي Ideal Gas Constant (R) ثابت يحدد تجريبيًّا وتعتمد قيمته على وحدات ضغط الغاز.

(ج)

الجلسريد الثلاثي Triglyceride تركيب يتكون من ارتباط ثلاثة أحماض دهنية بالجلسرول بواسطة روابط إستر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ح)

الحمض النووي Nucleic Acid مبلمر حيوي يحتوي على النيتروجين، ويقوم بتخزين المعلومات الوراثية ونقلها.

الحجم المولاري Molaric mass الحجم الذي يشغله 1mol منه عند درجة حرارة 0°C وضغط جوي 1atm.

(د)

الدوران الضوئي Optical Rotation ما يحدث عند مرور ضوء مستقطب في محلول يحتوي مصاوغات بصرية؛ إذ ينحرف اتجاه الضوء المستقطب نحو اليمين من خلال المصاوغ (D) أو نحو اليسار من خلال المصاوغ (L).

(ذ)

ذرة كربون غير متماثلة Asymmetric Carbon ذرة كربون متصلة بأربع ذرات أو مجموعات ذرات مختلفة في المركبات الكيرالية.

(ر)

الرابطة الببتيدية Peptide Bond رابطة الأميد التي تجمع حمضين أمينيين.

(س)

السكريات الأحادية Monosaccharides أبسط الكربوهيدرات تركيبًا، وتدعى السكريات البسيطة أيضًا.

السكريات الثنائية Disaccharides وهي السكريات الناتجة من اتحاد جزيئين من السكريات الأحادية.

السكريات العديدة التسكر Polysaccharides بوليمر من السكريات البسيطة يحتوي على 12 وحدة بناء أساسية أو أكثر.

الستيرويدات Steroids ليبيدات تحتوي تراكيبها على حلقات متعددة. وجميع الستيرويدات مبنية من تركيب الستيرويد الأساسي المكوّن من الحلقات الأربع.

السلسلة الرئيسة Parent Chain أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون في الألكانات والأصلكينات والألكاينات المتفرعة.

السلسلة المتماثلة Homologous Series مجموعة من المركبات تختلف عن بعضها بتكرار عدد وحدات البناء.

(ش)

الشموع Waxes ليبيدات تتكون من اتحاد حمض دهني مع كحول ذي سلسلة طويلة.

(ص)

الصفر المطلق Abosolule Zero درجة الحرارة التي ينعدم عندها ضغط الغاز المثالي.

(ق)

قانون بويل Boyle's Law يتناسب حجم كمية محددة من الغاز عكسيًّا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

قانون شارل Charles's Law يتناسب حجم كتلة محددة من الغاز طرديًّا مع درجة حرارته بمقياس كلفن عند ثبوت الضغط.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قانون جاي- لوساك Gay-Lussac's Law ينص على أن ضغط مقدار محدد من الغاز يتناسب طرديًا مع درجة حرارته بالكلفن عند ثبوت الحجم.

القانون العام للغازات Combined Gas Law قانون جامع لقوانين الغازات ويجمع خواص الحجم والضغط ودرجة الحرارة.

قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law قانون يصف السلوك الطبيعي للغاز المثالي اعتمادًا على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته وعدد مولاته.

(ك)

الكحولات Alcohols مركبات عضوية ناتجة عن حلول مجموعة هيدروكسيل محل ذرة هيدروجين.

الكيتونات Ketones مركبات عضوية ترتبط فيها ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مع ذرتي كربون في السلسلة. وله الصيغة العامة RCOR'.

الكربوهيدرات Carbohydrates مركبات تحتوي على عدة مجموعات من الهيدروكسيل (OH–) بالإضافة إلى مجموعة الكربونيل الوظيفية (C=O).

الكيرالية Chirality خاصية المركب الذي يحتوي على ذرة كربون غير متماثلة.

(ل)

الليبيدات Lipids مركبات عضوية حيوية غير قطبية كبيرة جدًّا، تختلف في تركيبها، وتعمل على تخزين الطاقة في المخلوقات الحية، وتدخل في معظم تركيب غشاء الخلية.

الليبيدات الفوسفورية Phospholipids ثلاثي الجلسريد استبدل فيه أحد الأحماض الدهنية بمجموعة فوسفات قطبية.

(م)

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle ينص على أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط.

المجموعة الوظيفية Functional Group ذرة أو مجموعة من الذرات تتفاعل دائمًا بالطريقة نفسها. وعند إضافتها للمركبات الهيدروكربونية ينتج دائمًا مواد لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة عن المركبات الهيدروكربونية الأصلية.

مجموعة الهيدروكسيل hydroxyl Group مجموعة الأكسجين – الهيدروجين التي ترتبط تساهميًا مع ذرات أخرى مثل الكربون.

مجموعة الكربونيل Carbonyl Group الترتيب الذي ترتبط فيه ذرة الأكسجين برابطة ثنائية مع ذرة كربون. وهي المجموعة الوظيفية في المركبات العضوية المعروفة باسم الألدهيدات والكيتونات.

مجموعة الكربوكسيل Carboxyl Group عبارة عن مجموعة كربونيل مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل.

المونومرات Monomers الجزيئات الصغيرة أو الوحدات البنائية التي يصنع منها البوليمرات.

المادة الخاضعة لفعل الإنزيم Substrate يشير إلى مادة متفاعلة في تفاعل يعمل فيه الإنزيم عمل عامل محفز.

الموقع النشط Active Site النقطة التي ترتبط بها المواد الخاضعة لفعل الإنزيم.

المركبات العضوية Organic Compounds مركبات تحتوي الكربون ما عدا أكاسيد الكربون والكربيدات والكربونات فهي غير عضوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المتشكلات Isomers مركبان أو أكثر لها الصغية الجزيئية نفسها ولكنهما يختلفان في صيغتهما البنائية.

المتشكلات الضوئية Optical Isomers مصاوغات فراغية ناتجة عن الترتيبات المختلفة للمجموعات الأربع المختلفة والموجودة على ذرة الكربون نفسها لها الخصائص الفيزيائية والكيميائية نفسها الاّ أنّ تفاعلاتها الكيميائية تعتمد على الكيرالية.

المتشكلات البنائية Structural Isomers مصاوغات بنائية تترتب فيها الذرات بتسلسلات مختلفة، مما يؤدي إلى اختلاف مركباتها في الخصائص الكيميائية والفيزيائية، رغم امتلاكها الصيغة الجزيئية نفسها.

المتشكلات الفراغية Stereoisomers نوع من المصاوغات لها التركيب نفسه ولكنها تترتب بشكل مختلف في الفراغ.

المتشكل الهندسي Geometric Isomers نوع من المصاوغات الناتجة عن ترتيب المجموعات أو الذرات في الفراغ.

المركبات الأروماتية (العطرية) Aromatic Compounds مركبات عضوية تحتوي على حلقة بنزين أو أكثر.

المركبات الأليفاتية Aliphatic Compounds مركب هيدروكربوني غير أروماتي كالألكان والألكين والألكاين.

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle الحجوم المتساوية من الغازات عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي العدد نفسه من الجسيمات.

المجموعة البديلة substitution groups التفرعات الجانبية من السلسلة الرئيسية.

(ن)

النيوكليوتيد Nucleotide وحدة البناء الأساسية للحمض النووي. ويتكون كل نيوكليوتيد من ثلاثة أجزاء: مجموعة فوسفات غير عضوية، وسكر أحادي ذو خمس ذرات كربون، وتركيب يحتوي على نيتروجين يدعى قاعدة نيتروجينية.

(هـ)

هاليدات الأريل Aryl Halides مركبات عضوية تتكون من هالوجين مرتبط مع حلقة البنزين أو مجموعة أروماتية أخرى.

هاليدات الألكيل Alkyl Halides مركبات عضوية تحتوي ذرة هالوجين مرتبطة برابطة تساهمية مع ذرة كربون أليفاتية.

الهلجنة Halogenation تفاعل تحل فيه ذرة هالوجين – مثل الكلور أو البروم – محل ذرة هيدروجين.

الهيدروكربون Hydrocarbon أبسط المركبات العضوية، ويتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط.

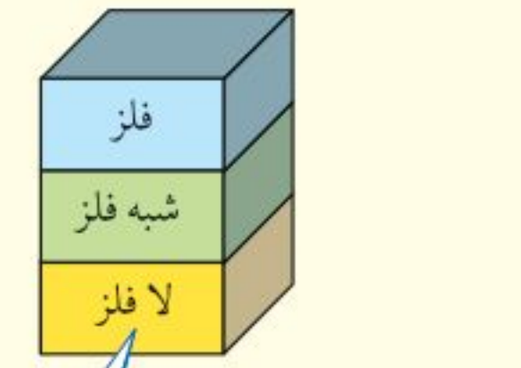
الهيدروكربون غير المشبع Unsaturated Hydrocarbon مركب هيدروكربوني يحتوي على الأقل رابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية بين ذرات الكربون.

الهيدروكربون المشبع Saturated Hydrocarbon هيدروكربون يحتوي روابط تساهمية أحادية فقط.

الهيدروكربونات الحلقية Cyclic Hydrocarbon مركب هيدروكربوني يحتوي على حلقة هيدروكربونية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزًّا أو شبه فلز أو لافلزًّا.

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 (269)	Roentgenium 111 Rg (272)	Copernicium 112 Cn 285.177	Nihonium 113 Nh 286.183	Flerovium 114 Fl 289.191	Moscovium 115 Mc 290.196	Livermorium 116 Lv 293.205	Tennessine 117 Ts 294.211	Oganesson 118 Og 294.214

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)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

جداول مرجعية

العناصر في كل عمود تسمى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Hydrogen 1 H 1.008								
2	Lithium 3 Li 6.941	Beryllium 4 Be 9.012							
3	Sodium 11 Na 22.990	Magnesium 12 Mg 24.305							
4	Potassium 19 K 39.098	Calcium 20 Ca 40.078	Scandium 21 Sc 44.956	Titanium 22 Ti 47.867	Vanadium 23 V 50.942	Chromium 24 Cr 51.996	Manganese 25 Mn 54.938	Iron 26 Fe 55.845	Cobalt 27 Co 58.933
5	Rubidium 37 Rb 85.468	Strontium 38 Sr 87.62	Yttrium 39 Y 88.906	Zirconium 40 Zr 91.224	Niobium 41 Nb 92.906	Molybdenum 42 Mo 95.94	Technetium 43 Tc (98)	Ruthenium 44 Ru 101.07	Rhodium 45 Rh 102.906
6	Cesium 55 Cs 132.905	Barium 56 Ba 137.327	Lanthanum 57 La 138.906	Hafnium 72 Hf 178.49	Tantalum 73 Ta 180.948	Tungsten 74 W 183.84	Rhenium 75 Re 186.207	Osmium 76 Os 190.23	Iridium 77 Ir 192.217
7	Francium 87 Fr (223)	Radium 88 Ra (226)	Actinium 89 Ac (227)	Rutherfordium 104 Rf (261)	Dubnium 105 Db (262)	Seaborgium 106 Sg (266)	Bohrium 107 Bh (264)	Hassium 108 Hs (277)	Meitnerium 109 Mt (268)

العنصر — Hydrogen
العدد الذري — 1
الرمز — H
الكتلة الذرية المتوسطة — 1.008
حالة المادة — 1

غاز
سائل
صلب
مُصنّع

الرمــوز الثلاثة العليا تــدل على حالة العنصر في درجة حــرارة الغرفة، بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المصنّعة.

صفوف العناصر الأفقية تســمى دورات. يزداد العــدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.

سلسلة اللانثانيدات	Cerium 58 Ce 140.116	Praseodymium 59 Pr 140.908	Neodymium 60 Nd 144.24	Promethium 61 Pm (145)	Samarium 62 Sm 150.36
سلسلة الأكتنيدات	Thorium 90 Th 232.038	Protactinium 91 Pa 231.036	Uranium 92 U 238.029	Neptunium 93 Np (237)	Plutonium 94 Pu (244)

يدل السهم على المكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيرًا للمكان.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445