

الكيمياء ٣

للمرحلة الثانوية
دليل المعلم



الطبعة الأولى
١٤٣٣هـ - ٢٠١٢م

Original Title:

Chemistry

Matter and Change

By:

Dr. Thandi Buthelezi

Dr. Cheryl Wistrom

Nicholas Hainen.

Laurel Dingrando

Dinah Zike.

الكيمياء ٣

أعدت النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د. مصطفى حسن مصطفى

خليل يوسف سميرين

التعريب

نجيب الفار

خولة خطاب

حنين الأشقر

التحرير اللغوي

عمر الصاوي

أحمد عبد العظيم

أحمد عليان

المواءمة المحلية والمراجعة لنسخة مملكة البحرين

د. فاتن سعد محمود عبد الحميد

سعيد عباس أحمد النضيف

د. حسن علي ملاك

الإشراف

د. أحمد محمد رفيع

www.macmillanmh.com



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

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



حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل © ٢٠٠٨ م.

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

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



حَضْرَةُ صَاحِبِ الْجَلَالَةِ الْمَلِكِ عَبْدِ اللَّهِ بْنِ عَبْدِ الْعَزِيزِ الْخَلِيفَةِ
مَلِكِ مَمْلَكَتِنَا الْبَحْرَيْنِ الْمِفْدِيِّ

أخي المعلم / أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الكيمياء ٣ للمرحلة الثانوية في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها في مملكة البحرين، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم الرياضيات والعلوم وتعلمهما.

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

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

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

قائمة المحتويات

i	استعراض تمهيدي لمحتوى دليل المعلم.....
vii	المواد المختبرية.....
ix	القراءة طلباً للمعلومات - كتاب الطالب.....
xii	الاحتياجات اللازمة مراعاتها في المختبر.....
8A	المخطط التنظيمي للفصل 1 : التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات.....
8	الفصل 1
38A	المخطط التنظيمي للفصل 2 : المحاليل.....
38	الفصل 2
76A	المخطط التنظيمي للفصل 3 : الطاقة والتغيرات الكيميائية.....
76	الفصل 3
98A	المخطط التنظيمي للفصل 4 : سرعة التفاعلات الكيميائية.....
98	الفصل 4
124A	المخطط التنظيمي للفصل 5 : الاتزان الكيميائي.....
124	الفصل 5
166	المصطلحات
170	جداول مرجعية

مواصفات دليل المعلم في الكيمياء

أهلاً بك أخي المعلم إلى دليل المعلم الخاص بكتاب "الكيمياء ٣ للمرحلة الثانوية". لقد وضع هذا الدليل بناء على اقتراحات نخبة من معلمي الكيمياء والمستشارين التربويين من ذوي الخبرة لتزويدك بأنشطة واستراتيجيات تدريس قوامها البحث، ذُكرت تحت عنوان "مواقع للاستعمال".

مواقع للاستعمال

- استراتيجيات ونشاطات تطبق مباشرة على المحتوى.
- تشير أيقونة المفاهيم عبر الشبكة الإلكترونية إلى حيث يمكن للطلبة أن يتفاعلوا معها باستعمال الفن.

المراجعة والتعزيز

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

تعليمات مبنية على الكفايات

التقويم

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

بناء هرمي

- مستوى 1: **الفكرة العامة** لكل فصل فكرة عامة، تلخص محتواه في عبارة واحدة موجزة جداً.
- مستوى 2: **الفكرة الرئيسية** لكل درس في الفصل فكرة رئيسية تصف موضوع الدرس، وتدعم الأفكار العامة فيه.

طرائق تدريس متنوعة

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

طرائق تدريس متنوعة

تحديد مستويات الأنشطة

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

ف م نشاطات الطلبة الذين مستواهم فوق مستوى الصف.

ضم م نشاطات الطلبة الذين مستواهم ضمن مستوى الصف.

د م نشاطات الطلبة الذين مستواهم دون مستوى الصف.

عرض عملي

الإزاحة ضِعف تقريبًا مقلوبًا فوق سطح ماء في كأس، وادفع جزءه المخروط داخل الماء مع بقاء طرف القمع مفتوحًا، واطلب إلى الطلبة تفسير ما يحدث. يتحرك الماء إلى الداخل والقمح ويعمل على إزاحة الهواء. أطلق ساق القمع المفتوح بإصبعك في أثناء دفعك للمخروط داخل الماء، واطلب إلى الطلبة أن يفسروا النتائج. تتحرك كمية قليلة من الماء فقط داخل القمع وذلك بسبب إغلاق ساق القمع المفتوحة مما منع إزاحة جزئيات الهواء بواسطة الماء. لقد أجري هذا النشاط لأول مرة قبل مئات السنين؛ لإثبات أن الهواء ليس فراغًا.

م 3

اجابة سؤال الشكل 1-2 لا تتأثر جزئيات الغاز بين التصادمات بأية قوى تجاذب أو تنافر ملحوظة، وذلك لأنها متباعدة جدًا بعضها عن بعض، وعندما تصادم جزئيات الغاز يكون هذا التصادم مرئيًا، وتبقى الطاقة الحركية الكلية نفسها.

م 3

اجابة سؤال الشكل 1-3

تقل كثافة الجسيمات من اليمين إلى اليسار لأن كمية الفراغ تزداد.

1-1 التكرير

أبدأ بجزء الكرة الرئيسية على الطلبة.

المهمة

الوسائط والمواد أحضرت إلى الصف كرة بلاستيكية يمكن نفخها، واطلب إلى هذا الطلبة أن يفسروا ما الذي يحدث داخل الكرة عند إدخال جزئيات الهواء داخلها. **تقبل الإجابات** المنطقية جميعها. تتحرك جزيئات الهواء بصورة عشوائية في الاتجاهات كلها، كما تؤثر قوى الضغط الداخلي للكرة. أسأل الطلبة: ما الذي سيحدث عند إدخال جزيئات أكثر وأكثر من الهواء؟ **تتبع** جزئيات الهواء الزائدة من الضغط على جوانب الكرة وكما زادت كمية الهواء داخلها، سيؤثر ضغط جزيئات الهواء على جوانب الكرة، هل جزيئات الهواء قابلة للاختراق؟ نعم، وهل تكتمل التفكير في شيء آخر يحتوي على هواء مضغوط؟ من إجابات الطلبة: الحزمة، عيون معطر الحيز، وعبوات الغاز العرق.

م 3

2. التدريس

الخلفية النظرية للمحتوى

جنسية العلماء كان المثلان اللذان طورا نظرية الحركة الجزيئية يتبعان إلى بلدين مختلفين، إذ كان لودويج بولتزمان نمساويًا، في حين كان جيمس ماكسويل أسكتلنديًا.

اجابة سؤال التضمن قبل الإجابات المنطقية جميعها، عل أن تصف الإجابات الصحيحة تفاصيل استعمال نظرية الحركة الجزيئية.

طرائق تدريس متنوعة

دوم المستند ذكر الطلبة بأن الطاقة الحركية ترتبط طرديًا بكثافة الجسم وسرعته. قلنا كون حجم الجسم مختلفًا، أو صغيرًا كالجسيمات المكونة للذرة. ومن المهم أن الملاحظة الرياضية لإيجاد الطاقة الحركية للجسم هي mv^2 **م 3**

مشروع الكيمياء

بولتزمان وماكسويل اطلب إلى الطلبة البحث عن كل من، لودويج بولتزمان، وجيمس ماكسويل اللذين أدت أبحاثهما عن الغازات إلى تطوير نظرية الحركة الجزيئية. واطلب إليهم أيضًا كتابة تقرير يتضمن ملخصًا لمساهمة كل منهما في النظرية، وتقرير أيهما كانت مساهمته أقوى.

م 3

الإجابات والدعم الإضافي

يتضمن دليل المعلم ما يأتي:

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

تخطيط الفصل

يشتمل على:

المخطط التنظيمي للفصل يتناول أهداف الفصل جميعها والمواد

اللازمة لتدريس الفصل.

سير الدرس يقدم اقتراحات مختلفة. وعندما تستخدمه متلازماً مع دليل الخطة

الزمنية في الصفحة يمكنك من إعداد الخطة حسب حاجات الطلبة في صفوفك.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 1 / التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات (6 حصص)			
اليوم	1-3	1-2	1-1
عدد الحصص	2	1	2
أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية	
1-1 الغازات	متابعة التقدم تقويم بنائي من 15، 14 تقويم البند من 16	نشاط استهلاكي من 9 بالون كروي - خيط - مار بلاستيكي - مسطرة - ترمومتر - ملح الزمن المقدر: 10 دقائق عرض عملي سريع من 11: فتح - تأس	1. يستعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات. 2. يفسر كيفية قياس ضغط الغاز، وحساب الضغط الجوي له.
1-2 قوى التجاذب	متابعة التقدم تقويم بنائي من 19، 18 مناقشة آراء من 19، 18 تقويم البند من 20	عرض عملي سريع من 17: شريط الخلفاء - الخفاف.	1. يصف القوى بين الجزيئية. 2. يشرح القوى بين الجزيئية.
1-3 قانون الغاز المثالي	متابعة التقدم تقويم بنائي من 27، 25، 24، 23، 22 مناقشة آراء من 27، 23 تقويم البند من 28 تقويم هناسي مراجعة الفصل من 32	عرض عملي سريع من 23: بالون - ماء - قطعة كربيد الكالسيوم CaC_2 المختبر الصغير من 26: مقياس حرارة، باروميتر، شمعة، لاسق، علة نقاب، صودا الخبز $NaHCO_3$ ، حل 5% CH_3COOH ، تأس ورق الزيتيم. الزمن المقدر: 15 دقيقة مختبر الكيمياء من 30: جات ذرة، جهاز مدرج سعة 10 ml زيت نباتي، تأس سعة 250 ml، شبكة تسخين مرتفعة، ماسك تأس، موقد بنزن، ميزان، حامل للحلقة، ماء مقطر، حلقة حديدية صغيرة، ورق تشيف. الزمن المقدر: 30 دقيقة	1. يربط عدد الجسيمات بالحجم باستخدام مبدأ أفوجادرو. 2. يربط كمية الغاز بضغطه ودرجة حرارته، وحجمه باستخدام قانون الغاز المثالي. 3. يشرح كيف يتغير الغاز المثالي والغاز المثالي.

المخطط التنظيمي للفصل 1: التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات Attraction Between Molecules and the Gas Laws

الفصل 1

التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية لخواص المختلفة للمواد الصلبة، والسائلة، والغازية؛ فالغازات مثلاً تستجيب لتغيرات كل من الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة دائمة الحركة.

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية تحدد قوى التجاذب بين الجزيئية، ومنها قوة التشتت والقوى الثنائية القطب، والرابطة الهيدروجينية. حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

1-3 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسية يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

قوائم المصادر تحدد الأهداف، والمعايير، والمواد وأدوات المختبر، والمواد

المساعدة، ومصادر التقنية الضرورية لتدريس الفصل.

تدريس الفصل

استعن في بداية الفصل بالصورة والفكرة العامة لمساعدتك على التدريس.

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

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

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

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

مثال في الصف مثال إضافي يمكن للمعلم إعطاؤه في الصف.

التحلب بين الجزيئات وقواتن الفاتر
Attraction between Molecules and the Gas Laws



الفصل 1

الفكرة العامة

الإجابيات المتوقعة لعرض الفكرة العامة لهذا الفصل، ووجه الطلبة لمناقشة أشياء يتوقع حدوثها. أسأل الطلبة عما يمكن أن يحدث عندما تضغط على دواسة السيارة؟ من التوقع أن تتسارع السيارة. اسألهم عما يحدث عندما تعتز الضغط على الدواسة. إن أنت ضغطت بالمطبخ فإن السيارة تتسارع ببطء، وإن أنت ضغطت بشدة فإن السيارة تتسارع بشكل أكبر. هناك طريقة أخرى لعرض هذا المفهوم وهي: أن تضع مقياساً لدرجة الحرارة في ماء بارد وماء حار، وتجعل الطلبة يتوقعون ما الذي يمكن أن يحدث لقنطار درجة الحرارة في مقياس الحرارة. من المؤكد أن درجة الحرارة سوف ترتفع في الماء الحار وتنخفض في الماء البارد.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

الكتافة
وزن الموادات
حسابات التفاعلات الكيميائية
نظرية الحركة الجزيئية
ضغط الغاز

استعمال الصورة

بتعداد الهواء الساخن أسأل أفراد الساخن للموقد كي يبقى لتسخين الهواء في المتطاد، وعندئذ المتطاد فإن حجم الهواء الموجود الأسرى في المتطاد من تكملاً.

مثال في الصف

سؤال يسأل عن الضغط الكلي خليط من الأكسجين O_2 والأرجون (Ar) وأكسيد ثنائي النيتروجين N_2O الجزئي لـ O_2 هو 0.98 atm في الضغط الجزئي لـ N_2O إذا كان الضغط الجزئي لـ O_2 هو 0.48 atm ، والضغط الجزئي لـ Ar هو 0.15 atm .

الإجابة: 0.35 atm

مسائل تدريجية

1. 161 mmHg
2. 13.78 kPa
3. 10.2 kPa
4. $O_2 = 160 \text{ mmHg}$, $Ar = 8 \text{ mmHg}$, $N_2 = 590 \text{ mmHg}$

تقويم: البنود

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

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

التقويم

التقويم يوفر تقويمًا في منتصف الفصل للمفاهيم الأساسية.

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

■ إجابة سؤال الشكل 1-6 $1-6 \text{ KPa}$ 97.7

3. التقويم

التحقق من الفهم

أسأل الطلبة أن يقارنوا بين وحدات قياس الضغط والتحويل فيما بينها.

استعن بالجدول 1-1 في صفحة 13 من م

إعادة التدريس

للتأكيد على أن الضغط يعتمد على القوة الواقعة على وحدة المساحة، لا على القوة الكلية الناتجة عن الجسم فقط، أسأل الطلبة: أي الحالات الآتية ستؤدي إلى تمزق سجادة مستعملة على المدى الطويل: شخص كتلته 65 kg يتنعل حذاءً ذا كعب عالٍ مديب يمشي عليه ذهابًا وإيابًا عددًا من المرات، أو شخص كتلته 65 kg يتنعل حذاءً ذا كعب عريض يمشي عليه ذهابًا وإيابًا العدد نفسه من المرات؟ سيبدل صاحب الحذاء ذي الكعب العالي ضغطًا أكبر على السجادة؛ لأن كتلته ستكون مركزة على مساحة قليلة، في حين ستوزع كتلة الشخص الآخر على مساحة أكبر، لذا يكون الضغط الواقع على وحدة المساحة أقل. م

التوسع

أسأل الطلبة أن يستعملوا تعريف الضغط لتفسير كيف يكسر الأشخاص الذين يمارسون الكاراتيه لوكًا سميكًا بطرف أيديهم. يقومون بتسليط قوة كبيرة على مساحة صغيرة فيؤبد ضغطًا كافيًا لكسر اللوح. م

التقويم 1-1

- تتكون الغازات من جزيئات صغيرة تتحرك عشوائيًا، ويصطدم بعضها ببعض بصورة مرنة.
- يقاس الضغط الجوي بالباروميتر، في حين يقاس ضغط الغاز في وعاء مغلق بالمانوميتر.
- إذا لم يُقلب الوعاء فسيتم الغاز، الذي هو أقل كثافة من الماء، من خلال الماء ويتسرب من فتحة الوعاء.
- 0.45 atm

الإجابات يشتمل دليل المعلم على إجابات جميع أسئلة التقويم.

تقويم: الفصل

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

أسئلة المستندات ربط الطلبة تطبيقات من واقع الحياة عندما يقومون ببيانات حقيقية في الأبحاث الحالية. وعليهم أن يحلوا الرسوم البيانية، والجداول، وأي بيانات تعرض في أي مجالات علمية مميزة ووثائق تاريخية كلاسيكية. مسألة تحدّ تتطلب أن يظهر الطلبة مهارات متنوعة المستوى.

مراجعة الفصل 5

القيمة العددية لنسبة تركيز النواتج إلى تركيز المتفاعلات مساوية لـ 1.00، وذلك عندما ترفع قيمة كل تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

83. لأن تحلل كربونات الأمونيوم ماص للحرارة، وعليه يتحلل المركب بسرعة أكبر عند درجة حرارة أكبر.

84. $BaF_2(aq) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + 2F^{-}(aq)$
 $K_{sp} = [Ba^{2+}][F^{-}]^2 = 1.0 \times 10^{-6}$

الذوبانية المولارية لـ BaF_2 $= 6.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

$MgF_2(aq) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2F^{-}(aq)$
 $K_{sp} = [Mg^{2+}][F^{-}]^2 = 3.7 \times 10^{-8}$

يترسب فلورايد المغنيسيوم أولاً، لأن قيمة K_{sp} $= 3.7 \times 10^{-8}$ المحسوبة أقل من K_{sp} فلورايد الباريوم $= 1.0 \times 10^{-6}$.

85. إجابة محتملة:

- أذب المخلوط في ماء مقطر.
- أضف حلاً إضافياً يحتوي على الأيون مثل الكربونات، الكرومات والكبريتات والتي ترسب جميع أيونات الباريوم.
- رشح الراسب وجفّفه وقمّن كتلته.
- احسب مولات مركب الباريوم المتكون، والذي يساوي مولات كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي.
- احسب كتلة كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي، فيكون المتبقي من الخليط الأصلي كلوريد الصوديوم.

86. ذوبانية فوسفات الكالسيوم هي الأعلى معبر عنها بـ g/l. ذوبانية $Ca_3(PO_4)_2$ $= 2.0 \times 10^{-4} \text{ g/l}$ ذوبانية $FePO_4$ $= 1.5 \times 10^{-6} \text{ g/l}$

مسألة تحدّ

87. التركيز المولاري الابتدائي لكل من Cl_2 و CO هو: 1.000 mol/l و 1.000 mol/l ، وإذا كان تركيز CO و Cl_2 عند الاتزان يساوي 0.0086 mol/l فإن: $0.1000 \text{ mol/l} - 0.0086 \text{ mol/l} = 0.0914 \text{ mol/l}$ لذلك فإن هذه القيمة قد نتجت من خلال التفاعل حيث تمثل قيمة $COCl_2$.
 $K_{eq} = 1.2 \times 10^3$ يكون

مراجعة الفصل 5

63. إذا كان في المحلولين أيون مشترك، فإن ذلك يعني أن كليهما يحتوي على الأيون نفسه. $NaCl(aq)$ و $KCl(aq)$ يحتويان على $Cl^{-}(aq)$.

64. لا تعطي المركبات الذائبة في الأغلب قيم K_{sp} لأنها ستكون أعداداً كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، نادراً ما تترسب مثل هذه المركبات من محاليلها إلا إذا كانت تراكيز الأيونات مرتفعة بصورة كبيرة.

65. تعد أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان، أما كبريتات الباريوم فيمكن تناولها بأمان فقط؛ لأن ذائبيتها منخفضة جداً. لكن ذوبانية كلوريد الباريوم العالية تجعل تناوله غاية في الخطورة.

66. يتكون راسب لأن Q_{sp} أكبر من K_{sp} .

67. إذا ازداد تركيز أي من الأيونات الناتجة عن انحلال المركب بسبب وجود أيون مشترك في المحلول، فإن تركيز أيون المركب الآخر يجب أن ينخفض.

68. يكون المحلول الجليدي مشبعاً، ولا يتكون راسب.

إتقان المسائل

69. $K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$
 $S = 4.8 \times 10^{-7}$

70. $SrF_2(aq) \rightleftharpoons Sr^{2+}(aq) + 2F^{-}(aq)$
 $[Sr^{2+}] = 9.6 \times 10^{-4} M$

71. لا، لا يتكون راسب $Q_{sp} = 5.02 \times 10^{-2}$ وهذا أقل من K_{sp} فيدروكسيد الكالسيوم التي تساوي 5.0×10^{-6}
 $K_{sp} = 3.34 \cdot 10^{-2}$

مراجعة عامة

73. تؤدي إزالة H_2 إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، وإنتاج المزيد من أملاح الإيثيل.

74. a. سيتزاح تفاعل نحو اليمين.
 b. سيتزاح التفاعل نحو اليسار.

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

أسئلة متنوعة تقوّم هذه الأسئلة ما يعرفه الطلبة عن الفصول السابقة.

قائمة المواد والأدوات

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

المواد والأدوات غير المستهلكة

مقياس درجة حرارة غير زئبقي	مسطرة	قمع للمسحوق	وعاء حجمه 100 ml	حقيبة (صندوق) الكرات والأعواد
ماصة بأحجام مختلفة	ميزان	طبق تفاعلات بلاستيكي ذو 24 فجوة	بوتقة	سحاحة
باروميتر	أنابيب اختبار	قطعة نقود نحاسية	مثلث خزفي	مقياس حرارة (ثيرموميتر)
هاون ومدق	ساعة توقيت ذات إبرة	ملقط	قضيب تحريك	مقص
حامل أنابيب	جهاز توصيل	ماسك	جهاز تسخين	شبكة معدنية
سدادات مختلفة الاحجام، بثقب وبثقبين	وعاء زجاجي	حامل حلقة ومثبت	أكواب زجاجية وبلاستيكية	أنابيب زجاجية ومطاطية
كرات معدنية (بيلية)	وعاء معدني	لهب بنزن	ملعقة احتراق	ملعقة صغيرة
مخابير مدرجة، 10 ml, 25 ml, 100 ml	الدوايق المخروطية 25 ml, 150 ml, 400 ml, 500 ml	ماسك بواتق		

المواد والأدوات المستهلكة

ثلج مجروش	فينولفثالين	ورق تباع الشمس	مناديل ورقية	منتجات منزلية سائلة
ملون طعام	أعواد أسنان	مقصات	شمعة	الخل
أقراص فوارة	خميرة الخبز	ملح طعام	شريط ماغنيسيوم	زيت نباتي
أوراق للوزن	ماء صنوبر	أطباق بلاستيكية	بلورات ملح	ورق صنفرة
ماء مقطر	أقلام ملونة	ماء مقطر	سكر بلورات ومسحوق	قطعة قماش ناعمة أو خشنة
مسطرة بلاستيكية	حبوب ذرة	علبة ثقاب	لاصق	قطع خارصين

المواد الكيميائية

حمض الهيدروكلوريك HCl	خارصين	محلول الخل	صودا الخبز
كبريتات النحاس المائية	محلول كلوريد الصوديوم	عناصر كيميائية مختلفة	كلوريد الأمونيوم
نترات بوتاسيوم KNO_3	فوق أكسيد الهيدروجين	خميرة الخبز	نترات الأمونيوم
كاشف بروموثيمول الأزرق	نترات الفضة	كلوريد الكوبلت	شريط ماغنيسيوم
نترات الماغنسيوم	حمض الخليك	فتالات البوتاسيوم الهيدروجينية ($KHC_8H_4O_4$)	هيدروكسيد الصوديوم
	كلوريد الصوديوم	سكر بلورات ومسحوق	برمنجنات البوتاسيوم

القراءة طلباً للمعلومات - كتاب الطالب

عندما يقرأ الطالب كتاب الكيمياء ٣ فإنما يقرؤه للحصول على معلومات. فالعلم ليس كتابة خيالية، بل يصف أحداثاً من واقع حياة الناس وأفكارهم. وفيما يلي بعض الأدوات التي يستعملها الكتاب لمساعدة الطالب على القراءة، نرجو أن تستعرضها مع الطلبة في بداية الفصل الدراسي.

قبل القراءة

إذا قرأت **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسية** و **النشاط الاستهلاكي**

قبل قراءة الفصل أو البند، فستحصل

على فكرة عامة تمهيدية للمحتوى الذي ستدرسه.

أما **الفكرة العامة** فتصف ما ستتعلمه في الفصل، الأفكار

الرئيسية فتدعمها. وكل بند في الفصل يعبر عن فكرة

رئيسية تصف ما يركز عليه هذا البند.



المحاليل Solutions

2

مقدمة (مقدمة) يربط المحلول في جسر غاز أو سائل أو حبل أحياناً على الحالة الفيزيائية للمذيب.

2-1 تتركز المحاليل (مقدمة) يمكن التعبير عن التركيز بثلاثة النسب المئوية أو المولات.

2-2 التوازن المولدة في الذوبان (مقدمة) يأتى تكون المحلول بخواص منها الحرارة والضغط واللحمة.

2-3 الذواص الجامعة للمحاليل (مقدمة) تعتمد الخواص الجامعة على عدد الجسيمات الجارية في المحلول.

حقائق كيميائية

- حوالي 42.3% من المولات المنبع سنوياً يأتي من إعادة التدوير.
- الحديد هو العنصر الأساسي للفرانك، لكن يمكن إضافة عناصر مثل النيكل والمنجنيز والكروم والنيوبيوم والتنجستون حسب المواصفات المطلوبة.

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

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور، والرسوم، والتعليقات، والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظللة.
- اعمل مخططاً للفصل مستعملاً العناوين الرئيسية والفرعية.

نشاطات تمهيدية

المطلوبات
الأدوية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول تركيز المحاليل.

خطوة 1 اقطع ورقين من النصف أعلى.

خطوة 2 اتق 3cm حل طول خط التي لكل من الورقتين، واملأه من باقى كل ورقة.

خطوة 3 ادمج الورقتين إحداهما في الأخرى لعمل كتاب عن أربع صفحات.

ملاحظات
استعمل هذه الطريقة مع البند 2-1 في أثناء قراءة هذا البند استعمل الطريقة لتسجيل ما عدت عن طرائق التعبير عن تركيز المحاليل، مفسك أمثلة على الحسابات.

الرجاء اهدى هذا الفصل بتشاطعات الرجوع إلى الموقع: www.ck12.org

نشاط استهلاكي

كيف تتغير الطاقة عند تكوين المحاليل؟
تغير الطاقة عند تكوين المحلول نتيجة تفاعل قوتين: قوة الجذب بين جسيمات كل مادة موجودة في المحلول، وقوة التجاذب بين جسيمات المذاب والمذيب معاً. فكيف يمكن ملاحظة هذا التغير؟

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في الخبر.
2. وزن 10g من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl مستعملاً الميزان.
3. قس 20ml من الماء باستعمال جهاز مفرغ 50ml، ثم أضف الماء إلى NH_4Cl ، وحرك المحلول بسلامة التحريك.
4. افس أسهل الكأس من الخارج وسجل ملاحظتك.
5. كرو المحلولات من 2 إلى 4 باستعمال كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.
6. تجلس من المحاليل برصها في زجاجات التحضر من الغلات.

تسجيل النتائج

1. قارن أي المذابين السابقين كانت طاردة للطاقة، وأيها كانت ماصة لها؟
2. استنتج كتب أمثلة على عمليات ذوبان من الحياة اليومية طاردة للطاقة وأخرى ماصة لها؟
3. استنتج: إذا أردت زيادة التعبير في درجة الحرارة، فأيهما يجب إضافته بكمية أكبر: المذاب أم المذيب؟ قس إجابتك.

القراءة طلباً للمعلومات - كتاب الطالب

في أثناء القراءة

ستجد في كل بند أدوات تساعدك على تعميق الفهم لما تقرأه،
وأخرى تساعدك على تقييم ذلك الفهم.

➤ الربط مع الحياة يصف كيف يرتبط محتوى البند مع حياتك.

2-1

الأهداف

- تصف التركيز باستخدام وحدات مختلفة.
 - تحدد تركيز المحاليل.
 - تحسب مولارية المحلول.
- مراجعة المفردات**
- معطيه المادة التي تذيب المذاب لتكون محلول.
 - المادة الذائبة
 - المادة غير الذائبة
 - السوائل غير المترتبة التركيز
 - التولارية
 - التولارية
 - الكسر المولي

تركيز المحاليل Concentration of Solutions

مهمة 1 يمكن التعبير عن التركيز بالنسبة المئوية أو بالجرام الموزن مع الجرام على تلوحت يوناً شاملاً ووجدت قري المذاب أو من القسم؟ لتعديل الطعم تقوم بإضافة السكر لتجلبه أو بإضافة الماء لتخفيفه. وما تقوم به في كلتا الحالتين هو تغيير تركيز المحاليل المائية في الماء.

أنواع المحاليل قد يوجد المحلول في صورة غاز أو سائل أو صلب، اعتماداً على الحالة الفيزيائية للمذيب، كما هو موضح في الجدول 2-1. الفراء محلول غازي والمذيب فيه هو غاز النيتروجين. وقد تكون أسلحة الترميم الأسنان التي تقدمها على أسنانك مصنوعة من البترول، وهو محلول صلب من البنزين في الأسفلت. إلا أن معظم المحاليل تكون في الحالة السائلة. فقد تعلمت أن الضغطات تحدث في المحاليل المائية، وهي المحاليل التي يكون فيها الماء مذيباً. فإذ أنك أكثر القليلات شرباً في المحاليل السائلة، وقد توجد المحاليل في أشكال مختلفة، وقد تكون أطوار الذائبة في المحاليل غازية أو سائلة في صلب.

تكوين المحاليل تسمى المادة التي تذيب في المذيب **المادة الذائبة**. فمثلاً لو كان السكر في الماء حلقة يمكن أن تكون قد علمتها من خلال إضافة السكر في الماء لعمل شراب مثل كالمشاي أو عصير الليمون. ونسب المادتين السائلتين التي تذيب متهما في الأخرى بأي نسبة القوة الذائبة للاختراع، ومنها ما يصنع التجمد المذكور في الجدول 2-1. ونسب المادة التي لا تذيب في المذيب **مادة غير ذائبة**، ومنها الرمال في الماء والزيت في الخل. وتسمى السوائل التي تفرج معاً لفترة قصيرة، وتتصل بعدد السوائل غير المتشعبة، ومنها الزيت والخل.

أنواع المحاليل وأمثلة عليها

الجدول 2-1	أنواع المحاليل وأمثلة عليها		
نوع المحاليل	سائل	مذيب	المذاب
غاز	الفراء	النيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
محاليل	ماء طازي	الماء (سائل)	ثنائي أكسيد الكربون (غاز)
ماء البحر	الماء (سائل)	الأكسجين (غاز)	
سادة حلقة لترتجة التجمد	الماء (سائل)	الإيثانول-بنزين (سائل)	
الخل	الماء (سائل)	حمض الأيتانويك (سائل)	
ماء البحر	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)	
صلب	مخمس الأسنان	الفضة (صلب)	الزئبق (سائل)
الفلورايد	الفضة (صلب)	الفضة (صلب)	الكربون (صلب)

40

مهارات قراءة أخرى

- أسأل نفسك: ما **الفكرة العامة**؟ وما **الفكرة الرئيسية**؟
- اربط المعلومات في هذا الكتاب مع مجالات أخرى درستها.
- توقع أحداثاً ونتائج باستخدام الأدلة والمعلومات التي تعرفتها من قبل.
- غير توقعاتك وأنت تقرأ معلومات جديدة وتجمعها.

مقال 2-6

التغيرات في درجات التجمد والظلمان يستعمل كلوريد الصوديوم NaCl مادة لمنع تكون الجليد على الطرقات والتجمد الثلجات (الأيس كريم)، ما درجة ظلمان وتجمد محلول مائي من كلوريد الصوديوم تركيزه 0.029 mol/l ؟

تحليل المسألة

أعطيت مولارية المحلول المائي لكلوريد الصوديوم. أولاً أحسب ΔT_p و ΔT_f اعتماداً على عدد الجسيمات في المحلول. ثم حدد الأرتفاع في درجة الظلمان والانخفاض في درجة التجمد. أحسب ΔT_p إلى درجة الظلمان وأخرج ΔT_f من درجة التجمد.

المعطيات

مولارية المحلول = 0.029 mol/l

درجة التجمد = 0°C ؟

درجة الظلمان = 0°C ؟

حساب المطلوب

أحسب مولارية الجسيمات

$$m = 0.029 \text{ mol} \times 2 = 0.058 \text{ mol}$$

$$\Delta T_p = K_p \cdot m$$

$$\Delta T_f = K_f \cdot m$$

$$\Delta T_p = (0.512^\circ\text{C}/\text{mol})(0.058 \text{ mol}) = 0.030^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = (1.86^\circ\text{C}/\text{mol})(0.058 \text{ mol}) = 0.11^\circ\text{C}$$

$$K_p = 0.512^\circ\text{C}/\text{mol}, K_f = 1.86^\circ\text{C}/\text{mol}$$

$$m = 0.058 \text{ mol}$$

$$T_p = 0.30^\circ\text{C} + 100.000^\circ\text{C} = 100.300^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.00^\circ\text{C} - 0.11^\circ\text{C} = -0.11^\circ\text{C}$$

أحسب درجة الظلمان بعد الأرتفاع ودرجة التجمد بعد الانخفاض للمحلول.

أحسب ΔT_p إلى درجة الظلمان

وأخرج ΔT_f من درجة التجمد

تقويم الإجابة

تكون درجة الظلمان أعلى ودرجة التجمد أقل، كما هو متوقع.

مسائل تدريبية

36. ما درجات الظلمان والتجمد لمحلول مائي تركيزه 0.025 mol/l لأي مذاب غير متطاير وغير متأيون؟

37. ما درجات الظلمان والتجمد لمحلول سكروز في إيثانول تركيزه 0.40 mol/l ؟

38. محلول مائي تركيزه 0.045 mol/l يحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأيون، ووجد أن الانخفاض في درجة تجمده بلغ 0.60°C . ما قيمة ثابت الانخفاض في درجة تجمده K_f ؟ وما المذيب المناسب في هذه الحالة: الماء أو الإيثانول أو الكلوروفورم؟

65

تفلك الأمثلة المحلولة خطوة خطوة إلى حل مسائل في الكيمياء. لذا عزز المهارات التي تعلمتها بحل التدريبات.

القراءة طلباً للمعلومات - كتاب الطالب

بعد ما قرأت

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

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



الشكل 1-14: التمثيل ما بين حسنة الغاز غير العنصري حبيبات ينادي بالتصادم بين جسيمات ثلاث لظلية على مدار ذلك وقت.
استنتج على التصادم بين جسيمات الجسيمات كيف يتكون ضغط من الغازات العنصرين قوى التصادم بين الجسيمات مقارنة بالضغط الناتج من تصادم الجسيمات.
قانون الغاز المثالي.

الظلية وحجم الجسيمات تؤثر طريقة الجسيمات التي يتحرك منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلاً يوجد بين جسيمات الغاز الظلية كما في بخار الماء قوى الجذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير الظلية كالهليوم. فتجذب الأخرى المتعددة للجسيمات الظلية بعضها نحو بعض بواسطة قوى كهروستاتيكية. كما في الشكل 1-14، لئلا لا تسلك الغازات الظلية سلوك الغاز المثالي. وتشكل جسيمات الغازات غير الظلية الكبيرة الحجم كالبيروكسيد C_2H_6 جزيئات أكبر من الجزيء الذي يشغله عند محال من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهليوم He . ولهذا السبب، يميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

التقويم 1-3

الخلاصة

- يتم مبدأ التصادم على أن الجسيمات المتساوية من الغازات عند الظروف نفسها (الضغط ودرجة الحرارة) تتحرك على العدد نفسه من الجزيئات.
- ويتم قانون الغاز المثالي من ضغط الغاز الموجود ودرجة حرارته وحجمه.
- يمكن أن يستعمل قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية للغاز إذا عرفت كتلته، كما يمكن أن يستعمل لإيجاد كتلة الغاز إذا عرفت كتلته المولية.
- يختلف سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي عند الضغط العالي جداً ودرجات الحرارة المنخفضة.

- فسر لماذا يميل مبدأ التصادم من الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟
- اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.
- حقل كيف يتغير قانون الغاز المثالي مع تغير الظروف المتعلقة بظاهرة الحركة الجزيئية؟
- اشرح الظروف التي يعمل أن يتغير عند دراسة الغاز المثالي عن سلوكه المثالي؟
- ضع في قائمة الوحدات الأكثر شيوعاً لكل من التغييرات في قانون الغاز المثالي.
- احسب كتلة غاز الروبان C_2H_6 الموجود في دورق في حجمه 2.0 L عند ضغط جوي مقداره 1.00 atm ودرجة حرارة $15.0^\circ C$.
- ارسم رسماً بيانياً باستخدامها واستعمله بتلفظ ضغط إطارات السيارات بمقدار 1 psi (14.7 psi = 1.0 atm). عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار $6^\circ C$ ، رسم رسماً بيانياً يوضح التغير في الضغط والعمل الإجمالي، عندما تتغير جزيئات الحرارة من $20^\circ C$ إلى $29^\circ C$ (انظر أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة $29.6^\circ C$).

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

طرائق أخرى للمراجعة

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

1 دليل مراجعة الفصل

الغازات تتميز نظرية الحركة الجزيئية الخواص المختلفة للسواد الصلبة والسائلة والغازية، والغازات مثلاً تتصرف مثل من الضغط ودرجة الحرارة والكمية وحدها، إسقاط بطرق يمكن التنبؤ بها.

1-1 الغازات

التمثيل تتميز الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للمفاهيم الرئيسية

- تتسبب نظرية الحركة الجزيئية الخواص الغازات اعتماداً على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
- يستعمل قانون دالتون للضغط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.

الظواهر

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الضغط
- الشكل
- الضغط الجوي
- قانون دالتون للضغط الجزئية

1-2 قوى التصادم

التمثيل تحدد القوى التصادم بين الجزيئية. المفاهيم الرئيسية

- ومنها قوى التشتت، والقوى ثنائية القطب، والروابط الهيدروجينية.
- قوى التشتت أقوى من القوى بين الجزيئية.
- قوى التشتت أقوى بين جسيمات المواد المتعددة ذات الظلية المؤقتة.
- تحدث القوى التصادم بين الجزيئية الظلية.

الظواهر

- قوى التشتت
- قوى ثنائية القطب
- الروابط الهيدروجينية

1-3 قانون الغاز المثالي

التمثيل ويتم قانون الغاز المثالي عند الجسيمات بالضغط ودرجة الحرارة والحجم.

الظواهر

- مبدأ التصادم
- الحجم المولاري
- ثابت الغاز المثالي
- قانون الغاز المثالي

معرفه $MM = \frac{mRT}{PV}$ $D = \frac{MM}{RT}$

نموذج السلامة في المختبرات

الاحتياطات اللازمة مراعاتها في المختبر

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

 غسل اليدين	 نشاط إشعاعي	 سلامة الحيوانات	 وقاية الملابس	 سلامة العين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارات الواقية.	يظهر هذا الرمز عندما تستعمل مواد مشعة.	يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة الحيوانات.	يظهر هذا الرمز على عبوات المواد التي يمكن أن تبقع الملابس أو تحرقها.	يجب دائماً ارتداء نظارات واقية عند العمل في المختبر.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المخطط التنظيمي للفصل 1: التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات

Attraction Between Molecules and the Gas Laws



الفصل 1

التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية للخواص المختلفة للمواد الصلبة، والسائلة، والغازية؛ فالغازات مثلاً تستجيب لتغيرات كل من: الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، وعدد الجسيمات بطرائق يمكن التنبؤ بها.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة دائمة الحركة.

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية تحدّد قوى التجاذب بين الجزيئية - ومنها قوة التشتت والقوى الثنائية القطب، والرابطة الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

1-3 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسية يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 1 / التجاذب بين الجزيئات وقوانين الغازات (6 حصص)

البند	1-1	1-2	1-3	التقويم
عدد الحصص	2	1	2	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
<p>1-1 الغازات</p> <p>1. يستعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات. 2. يفسر كيفية قياس ضغط الغاز، وحساب الضغط الجزئي له.</p>	<p>متابعة التقدم تقويم بنائي ص 14، 15 تقويم البند ص 16</p>	<p>نشاط استهلاكي ص 9: بالون كروي - خيط - دلو بلاستيكي - مسطرة - ثرمومتر - ثلج. الزمن المقدر: 10 دقائق عرض عملي سريع ص 11: قمع - كأس</p>
<p>1-2 قوى التجاذب</p> <p>1. يصف القوى بين الجزيئية. 2. يقارن بين القوى بين الجزيئية.</p>	<p>متابعة التقدم تقويم بنائي ص 18، 19 ماذا قرأت؟ ص 18، 19 تقويم البند ص 20</p>	<p>عرض عملي سريع ص 17: شريط الحلقة - الخطاف.</p>
<p>1-3 قانون الغاز المثالي</p> <p>1. يربط عدد الجسيمات بالحجم باستخدام مبدأ أفوجادرو. 2. يربط كمية الغاز بضغطه، ودرجة حرارته، وحجمه باستخدام قانون الغاز المثالي. 3. يقارن بين خصائص الغاز الحقيقي والغاز المثالي.</p>	<p>متابعة التقدم تقويم بنائي ص 22، 23، 24، 25، 27 ماذا قرأت؟ ص 23، 27 تقويم البند ص 28 تقويم ختامي مراجعة الفصل ص 32</p>	<p>عرض عملي سريع ص 23: بالون - ماء - قطعة كربيد الكالسيوم CaC_2 المختبر الصغير ص 26: مقياس حرارة، باروميتر، شمعة، لاصق، علبة ثقاب، صودا الخبز $NaHCO_3$، خلّ 5% CH_3COOH، كأس، ورق ألومنيوم. الزمن المقدر: 15 دقيقة مختبر الكيمياء ص 30: حبات ذرة، مخبار مدرج سعة 10 ml، زيت نباتي، كأس سعة 250 ml، شبكة تسخين مربعة، ماسك كأس، موقد بنزن، ميزان، حاملٌ للحلقة، ماء مقطر، حلقة حديدية صغيرة، ورق تنشيف. الزمن المقدر: 30 دقيقة</p>

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخواص المختلفة للسواد الصلبة والسائلة والغازية؛ فالغازات مقلًا تستجيب لتغيرات كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرق يمكن التنبؤ بها.

1-1 الغازات

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكوّن من جسيمات صغيرة دائمة الحركة.

1-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية تحدّد قوى التجاذب بين الجزيئية - ومنها قوة التشتت والقوى الثنائية القطب، والرابطة الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

1-3 قانون الغاز المثالي

الفكرة الرئيسية يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات مع كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

حقائق كيميائية

- درجة حرارة الهواء في المنطاد كافية لغيل الماء.
- استعمل العالم جوزيف جاي-لوساك في القرن التاسع عشر المنطاد في أبحاثه وتجاريه، في حين استعمل العالم جاك شارل منطاد الهيدروجين في تجاربه.
- يجتري المنطاد في المتوسط على 2.5 مليون لتر من الغاز.



منطاد



تضخم المنطاد

الفصل 1

الفكرة العامة

الإجابات المتوقعة لعرض الفكرة العامة لهذا الفصل، وجّه الطلبة لمناقشة أشياء يتوقع حدوثها. اسأل الطلبة عمّا يمكن أن يحدث عندما تضغط على دواسة السيارة؟ **من المتوقع أن تتسارع السيارة.** اسألهم عمّا يحدث عندما تغيّر الضغط على الدواسة. **إن أنت ضغطت بلطف؛ فإن السيارة تتسارع ببطء، وإن أنت ضغطت بشدّة؛ فإن السيارة تتسارع بشكل أكبر.** هناك طريقة أخرى لعرض هذا المفهوم وهي: أن تضع مقياسًا لدرجة الحرارة في ماء باردٍ وماءٍ حارّ. وتجعل الطلبة يتوقعون ما الذي يمكن أن يحدث لمقدار درجة الحرارة في مقياس الحرارة. **من المؤكد أن درجة الحرارة سوف ترتفع في الماء الحارّ، وتنخفض في الماء البارد.**

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل: الكثافة

وزن المعادلات

حسابات التفاعلات الكيميائية

نظرية الحركة الجزيئية

ضغط الغاز

استعمال الصورة

منطاد الهواء الساخن اسأل الطلبة عن سبب حاجة منطاد الهواء الساخن للموقد كي يبقى مرتفعًا في الجو. **يستعمل الموقد لتسخين الهواء في المنطاد، وعندما ترتفع درجة حرارة الهواء في المنطاد؛ فإن حجم الهواء الموجود فيه وضغطه يزدادان، وهذا الأمر يُبقي المنطاد مرتفعًا.**

نشاط استهلاكي

الهدف يوضح الطلبة العلاقة بين درجة حرارة الغاز، وحجمه في نظام مغلق.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

تحذير: يؤدي انسكاب المياه إلى الانزلاق الخطر، وقد يكون لدى بعض الطلبة حساسية ضد المطاط الذي يدخل في صناعة البالونات؛ لذا يفضل تعرف الطلبة الذين يعانون من الحساسية لهذه المادة قبل بدء النشاط، وإيجاد مادة بديلة عنها لعمل هؤلاء الطلبة. كما يجب تذكير الطلبة بضرورة لبس القفازات وإبقاء البالونات في أماكنها.

استراتيجيات التدريس

- زود كل طالب بكمية كافية من الثلج لإعداد حمام ثلجي.
- ذكّر الطلبة بضرورة قياس محيطات البالونات حول أعرض جزء فيها. كما يمكنهم استعمال قلم تخطيطي لتحديد النقطة التي بدؤوا منها قياس محيط البالون.
- يجب قياس محيط البالون البارد بمجرد إخراجها من الدلو، على ألا تدع البالون يسخن.

النتائج المتوقعة يكون محيط البالون البارد أقل من محيط البالون عند درجة حرارة الغرفة.

نشاط استهلاكي

كيف تؤثر درجة الحرارة في حجم الغاز؟

تعديل شعلة المتطاد - على رفع درجة حرارة الهواء داخله ليبقى في الهواء.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. انفضح بالوناً كروياً الشكل ثم اربطه.
3. اسكب ماء بارداً في دلو إلى منتصفه، ثم أضف إليه الثلج.
4. استعمل خيطاً لقياس محيط البالون.
5. حرك الماء في الدلو جيداً، حتى تثبت درجة حرارته، ثم اغمر البالون في الماء 15 دقيقة.
6. أخرج البالون من الماء، ثم قس محيطه.

تحليل النتائج

1. صف ما حدث لحجم البالون عندما انخفضت درجة حرارته.
 2. توقع ما يحدث لحجم البالون لو كان الدلو يحتوي ماء ساخنًا.
- استقصاء** ماذا يحدث إذا ملأت البالون بالهيليوم بدلاً من الهواء، وأجريت التجربة مرة أخرى؟

المطويات
منظمات الاضطرار

قوانين الغاز اعلم المطوية
الآنية لتساعدك على تنظيم دراسة قوانين الغاز:

خطوة 1 أحضر ورقتان، وضعها فوق بعض، ودع حوافها العليا متباعدة رأسياً بمقدار 2cm.

خطوة 2 اثن الأطراف السفلية للأوراق على أن تكوّن مطويتان متساويتان. ثم اضغط على الثنيات لتثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبت المطوية، كما في الشكل، وعنون الطيات على النحو الآتي: قوانين الغازات، قانون دالتون، وقانون الغاز المثالي.

المطويات استعمل هذه المطوية في أثناء

قراءة البندين 1-2 و 3-1. لخص قوانين الغازات بكلماتك الخاصة.

المعلمة
مراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:
www.obeikaneducation.com

تحليل النتائج

1. قلّ حجم البالون عندما انخفضت درجة الحرارة.
2. سيزداد حجم البالون إذا زادت درجة الحرارة.

استقصاء

سيقل حجم البالون إذا كان يحتوي غازاً مثاليًا كالهيليوم، عندما تنخفض درجة الحرارة، وسيزداد عندما ترتفع درجة الحرارة. ويمكن أن يلاحظ الطلبة أيضًا أن كثافة الهيليوم أقل من كثافة الهواء، ولذلك يمكن أن تطرح عليهم سؤالاً إضافياً حول كيفية تأثير درجة الحرارة في سرعة صعود البالون، إذ إنه سيصعد بسرعة أكبر عند درجات الحرارة العالية، وبصورة أبطأ عند درجات الحرارة المنخفضة.

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

الجسيمات والغازات أحضر إلى الصف كرة بلاستيكية يمكن نفخها، واطلب إلى أحد الطلبة أن يفسر ما الذي يحدث داخل الكرة عند إدخال جزيئات الهواء داخلها. **تقبل الإجابات المنطقية جميعها.** تتحرك جزيئات الهواء بصورة عشوائية في الاتجاهات كلها، كما تؤثر بقوة في السطح الداخلي للكرة. اسأل الطلبة: ما الذي سيحدث عند إدخال جزيئات أكثر وأكثر من الهواء؟ **تنتج جزيئات الهواء المزيد من الضغط على جوانب الكرة كلما زادت كمية الهواء داخلها.** املاً الكرة جزيئياً ثم اسأل الطلبة: هل جزيئات الهواء قابلة للانضغاط؟ **نعم.** وهل يمكنهم التفكير في شيء آخر يحتوي على هواء مضغوط؟ **من الإجابات المحتملة؛ عبوات معطر الجو، وعبوات إزالة العرق.**

ض م

2. التدريس

الخلفية النظرية للمحتوى

جنسية العلماء كان العالمان اللذان طوّرا نظرية الحركة الجزيئية ينتميان إلى بلدين مختلفين، إذ كان لدويغ بولتزمان نمساوياً، في حين كان جيمس ماكسمويل أسكتلندياً.

إجابة سؤال النص تقبل الإجابات المنطقية جميعها. على أن تتضمن الإجابات الصحيحة تفاصيل استعمال نظرية الحركة الجزيئية.

1-1

الأهداف

الغازات Gases

تستعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.

تفسر كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزيئي له.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية، الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

نظرية الحركة الجزيئية

التصادم المرن

درجة الحرارة

الضغط

الباسكال

الضغط الجوي

قانون دالتون للضغط الجزيئية

الفكرة الرئيسية تتمدد الغازات وتنتشر، كما أنها قابلة للانضغاط؛ لأنها ذات كثافة منخفضة، وتتكون من جسيمات صغيرة دائمة الحركة.

الربط مع الحياة

إذا نمت على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك ستشعر بالدفء والراحة باستعمالك المرتبة التي اكتسبت خواصها من خواص جسيمات الهواء التي ضُغِطت داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic-Molecular Theory

لقد تعلمت أن البنية (نوع الذرات المكونة) والترتيب (ترتيب الذرات) يحددان الخواص الكيميائية للمادة، كما أنها يؤثران في خواصها الفيزيائية أيضاً. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزنك، كما هو موضح في الشكل 1-1. وبالمقارنة تبدي المواد الغازية عند درجة حرارة الغرفة خواص متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها، فلماذا يوجد اختلافات يسيرة بين سلوك الغازات؟ ولماذا تختلف الخواص الفيزيائية للغازات عن خواص المواد السائلة والصلبة؟

لقد عرف العلماء مع بداية القرن الثامن عشر كيف يمكن جمع النواتج الغازية عن طريق إحلالها مكان الماء، ولكنهم يستطيعون الآن مراقبة كل غاز، وقياس خواصه على حدة. اقترح الكيميائيان لدفيغ بولتزمان وماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م - كل منها على حدة - نموذجاً لتفسير خواص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها بالنسبة لبولتزمان وماكسويل تتكون من جزيئات.

حيث للأجسام المتحركة طاقة تدعى الطاقة الحركية. وتصف نظرية الحركة الجزيئية سلوك المادة بالاعتماد على حركة الجسيمات. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات حول مقدار حجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها.



الشكل 1-1 يمكن تمييز بعض المواد بالنظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ذكّر الطلبة بأن الطاقة الحركية ترتبط طردياً بكتلة الجسم وسرعته. قد يكون حجم الجسم ضخماً، أو صغيراً كالجسيمات المكوّنة للذرة. وذكّرهم بأن العلاقة الرياضية لإيجاد الطاقة الحركية

$$\text{KE} = \frac{1}{2} mv^2 \quad \text{د م}$$

عرض عملي

الإزاحة ضع قمعًا مقلوبًا فوق سطح ماء في كأس ، وادفع جزأه المخروط داخل الماء مع بقاء طرف القمع مفتوحًا. واطلب إلى الطلبة تفسير ما يحدث. **يتحرك الماء إلى داخل القمع ويعمل على إزاحة الهواء.** أغلق ساق القمع المفتوح بإصبعك في أثناء دفعك للمخروط داخل الماء، واطلب إلى الطلبة أن يفسروا النتائج. **تتحرك كمية قليلة من الماء فقط داخل القمع وذلك بسبب إغلاق ساق القمع المفتوحة مما منع إزاحة جزيئات الهواء بواسطة الماء.** لقد أجري هذا النشاط لأول مرة قبل مئات السنين؛ لإثبات أن الهواء ليس فراغًا. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 1-2** لا تتأثر جزيئات الغاز بين التصادمات بأية قوى تجاذب أو تنافر ملحوظ؛ وذلك لأنها متباعدة جدًا بعضها عن بعض. وعندما تصادم جزيئات الغاز يكون هذا التصادم مرناً ، وتبقى الطاقة الحركية الكلية نفسها.

ض م

■ **إجابة سؤال الشكل 1-3**

تقل كثافة الجسيمات من اليمين إلى اليسار؛ لأن كمية الفراغ تزداد.



الشكل 1-2 تنقل الطاقة الحركية بين جسيمات الغاز في أثناء التصادم المرين فيما بينها.
فسر الأثر الذي تحدثه جسيمات الغاز بعضها في بعض أثناء التصادمات، وما يحدث للجسيمات فيما بعد هذه التصادمات؟

حجم الجسيمات تتكون الغازات من جسيمات صغيرة مقارنة بحجم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر بينها.

حركة الجسيمات إن حركة جسيمات الغاز دائمة ومستمرة وعشوائية، وتتحرك في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الموجودة فيه، كما في الشكل 1-2. وتعتبر التصادمات بين جزيئات الغاز مرنة، وفي التصادم المرين لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

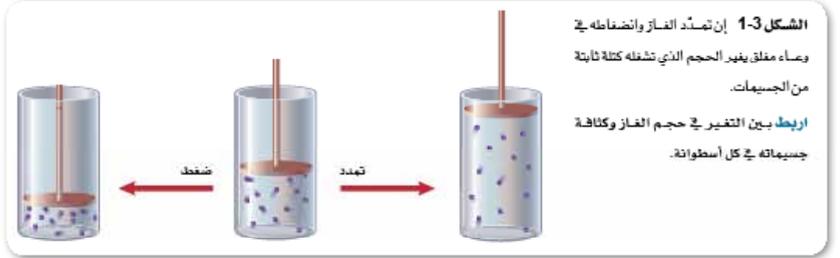
طاقة الجسيمات هناك عاملان يحددان الطاقة الحركية للجسيم، هما كتلة الجسيم وسرعته، ولجميع جسيمات عينة غاز ما الكتلة نفسها، إلا أنه ليس لها نفس السرعة المتجهة. وبناء على ذلك ليس للجسيمات نفس كمية الطاقة الحركية. ولذا، تُستخدم درجة الحرارة مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة.

تفسير سلوك الغازات

Explaining the Behavior of Gases

تساعد نظرية الحركة الجزيئية على تفسير سلوك الغازات؛ إذ تسمح مثلاً بحركة جسيمات الغاز الدائمة للغاز بالتمدد؛ حتى يملأ الوعاء الموجود فيه تمامًا، كما يحدث عند ملء كرة بالهواء، وعند نفخ بالون بالهواء، حيث تنتشر جسيمات الغاز وتتوزع لمتلأ المكان كله.

الانضغاط والتمدد إذا عصرت وسادة من البولسترين بالضغط عليها فإن حجمها يقل؛ وذلك لأن قطع البولسترين تحتوي على فراغات كبيرة مملوءة بالهواء. وتسمح الفراغات بين جسيمات الهواء الذي يملأ فراغات البولسترين بانضغاط الهواء. وعند التوقف عن الضغط تعمل حركة جسيمات الهواء العشوائية على ملء الفراغات مرة أخرى، فتعود الوسادة إلى وضعها السابق. ويوضح الشكل 1-3 ما يحدث لكثافة الغاز الموجود في وعاء في أثناء انضغاطه وتمده.

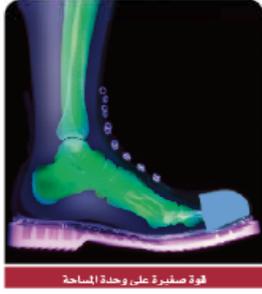
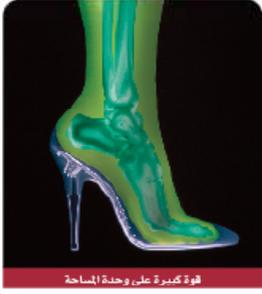


الشكل 1-3 إن تصدّد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.
اربط بين التغير في حجم الغاز وكثافة جسيماته في كل أسطوانة.

مشروع الكيمياء

بولتزمان وماكسويل اطلب إلى الطلبة البحث عن كل من، لودويغ بولتزمان ، وجيمس ماكسويل اللذين أدت أبحاثهما عن الغازات إلى تطوير نظرية الحركة الجزيئية. واطلب إليهم أيضًا كتابة تقرير يتضمن ملخصًا لمساهمة كل منهما في النظرية، وتقويم أيهما كانت مساهمته أقوى.

ض م



الشكل 1-4: تعمل الأحذية ذات الكعب العالي على زيادة الضغط الواقع على السطح؛ لأن مساحة الكعب المتلامسة للأرض صغيرة، بينما تتوزع قوة الضغط على الأحذية ذات النعل المسطح على مساحة أكبر. استنتج الموقع الذي يكون فيه الضغط أكبر ما يمكن بين الأرض والحذاء ذي الكعب العالي.

■ **إجابة سؤال الشكل 1-4** يكون الضغط أكبر ما يمكن عند الكعب العالي، لأنه يؤثر على مساحة أصغر.

ضغط الغاز Gas Pressure

هل سبق أن شاهدت أحدهم يحاول المشي على الثلج أو الوحل أو على الأسفلت الساخن وهو يتنعل حذاءً له كعب عالٍ؟ من المحتمل أن تكون قد لاحظت غوص قدم من الكعب العالي في تلك السطوح اللينة. يوضح الشكل 1-4 سبب غوص قدم من يتنعل كعباً عالياً، بينما لا يكون الأمر كذلك لمن يتنعل نعلًا مسطحًا. يعتمد تأثير القوة الضاغطة على السطح اللين في كلتا الحالتين على كتلة الشخص؛ حيث تتوزع القوة الضاغطة على مساحة كبيرة في حالة ارتعال حذاء مسطح النعل. وبهذا يعرف **الضغط** بأنه القوة الواقعة على وحدة المساحة. فمساحة قاعدة الحذاء المسطح النعل أكبر من مساحة قاعدة الكعب العالي، ولذلك يكون الضغط الواقع من الحذاء المسطح النعل على السطوح اللينة أقل من ضغط الحذاء ذي الكعب العالي.

تبدل جسيمات الغاز ضغطًا عندما تصطدم بجدران الوعاء المحصورة فيه. ولأن كتلة جزيء الغاز صغيرة فإن الضغط الذي تبذله هذه الكتلة صغير أيضًا. وعلى أي حال فإن الوعاء الذي سعته لتر يمكن أن يستوعب 1×10^{22} من جزيئات الغاز. وبهذا العدد من الجزيئات 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 الاتجاهات 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 تكون جسيمات الهواء كثيرة وقريبة من سطح الأرض، بينما تقل كلما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل، مسيئًا 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 سنتيمتر مربع تقريبًا. 1 kg/cm^2

دفتر الكيمياء

تطبيق مفهوم الضغط اطلب إلى الطلبة كتابة الأسئلة الآتية والإجابة

عنها من خلال دراستهم للبنود 1-1.

1. لماذا يكون الدوس على مسمار واحد أكثر إيلاّمًا من النوم على سرير من المسامير؟ عند النوم على سرير من المسامير، تتوزع القوة الناتجة من كتلتك على مساحة أكبر من القدم منها عند الدوس على مسمار واحد؛ فتشعر بضغط أقل، وعليه تحسّ بألم أقل عند كل نقطة.
2. لماذا يمكنك التزلج على الثلج الكثيف، في حين تغرق قدمك فيه وأنت تتنعل حذاءك الكبير؟ عند استعمالك ألواح التزلج تتوزع القوة الناتجة من كتلتك على مساحة أكبر، وعليه يقل الضغط الناتج عند أي نقطة فوق الثلج.

مختبر تحليل البيانات

حول التجربة

- لا يغوص الغطاسون جميعهم في أماكن عند سطح البحر، أو قريبة منها، بل يغوص بعضهم على ارتفاعات أعلى من سطح البحر مثل الغطاسين في كندا، وشمال غرب الولايات المتحدة، وكولورادو، وسويسرا.
- لا بدّ من تصحيح مقاييس ضغط الأعماق، التي لا تتأثر باختلاف الارتفاعات بطريقة يدويّة.
- يجب أن يعرف الغطاسون العمق الذي سيصلون إليه؛ لتحديد زمن الغوص الآمن.

التفكير الناقد

1. ستشابه الرسومات بشكل كبير.
2. 20 m .
3. يرتبط الزمن الآمن للبقاء تحت الماء مباشرةً بعمق الغوص. وإذا لم تكن على علم ومعرفة بعمق الغطس؛ فلا يمكنك تحديد الزمن الآمن للبقاء عند عمق معين .

الجدول 1-1 مقارنة بين وحدات قياس الضغط

الوحدة	العدد المساوي لـ 1 atm	العدد المساوي لـ 1 kPa
الكيلو باسكال kPa	101.3 kPa	—
الضغط الجوي atm	—	0.009869 atm
الملمتر زئبق mm Hg	760 mm Hg	7.501 mm Hg
التورر torr	760 torr	7.501 torr
الرطل / بوصة مربعة psi or lb/in ²	14.7 psi	0.145 psi
البار bar	1.01 bar	100 bar

وحدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط العالمية (SI) هي باسكال Pascal نسبة إلى العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي بليز باسكال (1923-1962). وقد اشتقت وحدة باسكال Blaise Pascal من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة باسكال مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط. فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرطال لكل بوصة (psi)، ويسجل الضغط المقاس باستعمال البارومترات أو المانومترات بالمليمترات زئبق (mmHg) وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).

ويصل متوسط ضغط الهواء عند سطح البحر وعند درجة حرارة 0°C إلى (101.3kPa). ويسجل ضغط الهواء في العادة بوحدة قياس تعرف بالضغط الجوي atm، حيث يساوي 760 mm Hg أو 760 torr أو 101.3 kPa. ويوضح الجدول 1-1 مقارنة بين وحدات القياس المختلفة للضغط.

مختبر تحليل البيانات

3. حُلّل تستعمل جداول الغطس لتحديد زمن الأمان

للغطاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. فإ أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

البيانات والمشاهدات

يبين الجدول الآتي معامل تصحيح مقياس الضغط للغطس في مناطق مرتفعة عن سطح الأرض.

معامل تصحيح الغطس العميق		
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 الارتفاعات، الجزء الأول. مجلة الغطاس يونيو 2000.

عمل الرسوم البيانية واستعمالها.

ما العلاقة بين عمق الغطس والارتفاع عن سطح البحر؟

يغوص معظم الغطاسين في مواقع تقع على مستوى سطح البحر أو قريبة منه، ومع ذلك فإن الغطاسين في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا يغوصون في مناطق مرتفعة عن سطح البحر.

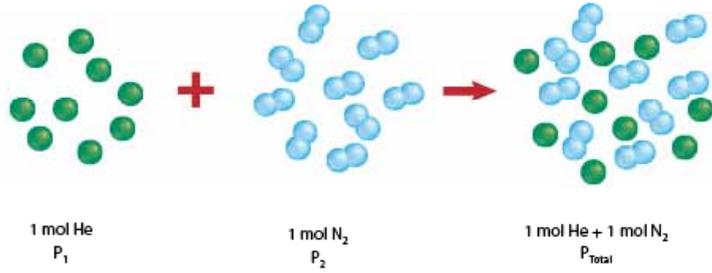
التفكير الناقد

1. قارن استعمال البيانات الواردة في الجدول لعمل رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع.

2. احسب عمق غطسك الحقيقي إذا كان يشير مقياس العمق إلى 18m ولكنك على خط طول 1800m، علمًا بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟

دفتر الكيمياء

الحيوانات البحرية اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا كيف تحمل الحيوانات البحرية الضغط الهائل الموجود تحت البحر، وأن يفسروا ما وجدوه في دفاترهم.



الشكل 5-1 ماذا يحدث عندما يجتمع 1 mol من الهيليوم مع 1 mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ بما أنه لم يحدث تغيير في كل من حجم الغازين وعدد جسيماتهما فإن الضغط الكلي يكون مساوياً لمجموع الضغط الجزئي لكل منهما.

قانون دالتون للضغوط الجزئية وجد دالتون Dalton في أثناء دراسته لخواص الغازات أن لكل غاز في خليط من الغازات ضغطاً خاصاً به. ويوضح الشكل 5-1 قانون دالتون للضغوط الجزئية، وينص على أن الضغط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة للخليط. وتعرف نسبة ضغط كل غاز إلى 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)

$$P_{Total} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

P_1 و P_2 و P_3 تمثل الضغوط الجزئية لكل غاز

وحتى الضغط الجزئي لأخر غاز في الخليط P_n

لحساب الضغط الكلي لخليط الغازات أضف الضغوط الجزئية لكل الغازات معاً.

انظر إلى الشكل 5-1. ماذا يحدث عندما يتحد 1 mol من الهيليوم مع 1 mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ بما أنه لم يتغير أي من حجم الغازين أو عدد جسيماتها فسيكون الضغط الكلي مساوياً لمجموع الضغوط الجزئية لها.

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يجلّوا المسائل الآتية ويفسروا إجاباتهم ويقارنوا بين سرعة جسيمات الهواء في طبقة التروبوسفير، حيث تكون درجة الحرارة 50°C - وسرعتها عند مستوى سطح البحر، حيث تكون درجة الحرارة 20°C - . واطلب إليهم توقع أي الجسيمات ستكون الأسرع اعتماداً على معرفتهم بنظرية الحركة الجزيئية. **ستتحرك جسيمات الهواء بسرعة أكبر عند مستوى سطح البحر حيث تكون درجة الحرارة أعلى، وطاقتها الحركية أكبر؛ وذلك لأن معدل الطاقة الحركية يتناسب طردياً مع الحرارة. ضم**

مثال في الصف

سؤال يساوي الضغط الكلي لخليط من الأكسجين O_2 والأرجون (Ar) وأكسيد ثنائي النيتروجين N_2O 0.98 atm . فما الضغط الجزئي لـ N_2O إذا كان الضغط الجزئي لـ O_2 هو 0.48 atm ، والضغط الجزئي لـ Ar هو 0.15 atm ؟

الاجابة 0.35 atm

مسائل تدريبية

1. 161 mmHg

2. 13.78 kPa

3. 10.2 kPa

4. $O_2 = 160 \text{ mmHg}$ و $Ar = 8 \text{ mmHg}$ و $N_2 = 590 \text{ mmHg}$

مثال 1-1

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوناً من الأكسجين O_2 وثنائي أكسيد الكربون CO_2 والنيتروجين N_2 ويساوي 0.97 atm ، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علماً بأن الضغط الجزئي لثنائي أكسيد الكربون 0.70 atm وللنيتروجين 0.12 atm .

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي للغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استعمل المعادلة التي تربط بين الضغوط الجزئية والضغط الكلي.

المطلوب
 $P_{O_2} = ? \text{ atm}$

المعطيات

$$P_{N_2} = 0.12 \text{ atm}$$

$$P_{CO_2} = 0.70 \text{ atm}$$

$$P_{\text{total}} = 0.97 \text{ atm}$$

2 حساب المطلوب

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

حل لإيجاد P_{O_2}

$$P_{\text{total}} = P_{N_2} + P_{CO_2} + P_{O_2}$$

$$P_{O_2} = P_{\text{total}} - P_{CO_2} - P_{N_2}$$

$$P_{O_2} = 0.97 \text{ atm} - 0.70 \text{ atm} - 0.12 \text{ atm} \quad P_{N_2} = 0.12 \text{ atm}, P_{CO_2} = 0.70 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 0.15 \text{ atm} \quad P_{\text{total}} = 0.97 \text{ atm}$$

3 تقويم الإجابة عند إضافة القيمة المحسوبة للضغط الجزئي للأكسجين إلى بقية الضغوط الجزئية يكون الناتج مساوياً للضغط الكلي وهو 0.97 atm .

مسائل تدريبية

- احسب الضغط الجوي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم والهيدروجين، علماً بأن الضغط الكلي 600 mmHg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mmHg .
- أوجد الضغط الكلي لخليط غاز مكون من أربعة غازات بضغط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و 4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa .
- أوجد الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علماً بأن ضغط الغازات الكلي يساوي 30.4 kPa والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5 kPa و 3.7 kPa .
- تحذّر 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؟

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل الطلبة أن يقارنوا بين وحدات قياس الضغط والتحويل فيما بينها.

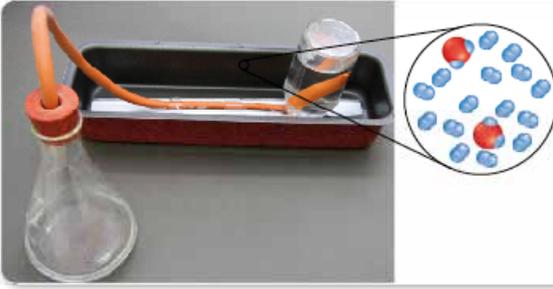
استعن بالجدول 1-1 في صفحة 13 ض م

إعادة التدريس

للتأكيد على أن الضغط يعتمد على القوة الواقعة على وحدة المساحة، لا على القوة الكلية الناتجة عن الجسم فقط، اسأل الطلبة: أي الحالات الآتية ستؤدي إلى تمزق سجادة مستعملة على المدى الطويل: شخص كتلته 65 kg يتنعل حذاء ذا كعب عالٍ مدبب يمشي عليه ذهابًا وإيابًا عددًا من المرات، أو شخص كتلته 65 kg يتنعل حذاء ذا كعب عريض يمشي عليه ذهابًا وإيابًا العدد نفسه من المرات؟ سيبدل صاحب الحذاء ذي الكعب العالي ضغطًا أكبر على السجادة؛ لأن كتلته ستكون مركزة على مساحة قليلة، في حين ستوزع كتلة الشخص الآخر على مساحة أكبر، لذا يكون الضغط الواقع على وحدة المساحة أقل. د م

التوسّع

اسأل الطلبة أن يستعملوا تعريف الضغط لتفسير كيف يكسر الأشخاص الذين يمارسون الكاراتيه لوحًا سميكًا بطرف أيديهم. يقومون بتسليط قوة كبيرة على مساحة صغيرة مما يولد ضغطًا كافيًا لكسر اللوح. ض م



الشكل 6-1 يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع الخارصين Zn لإنتاج غاز الهيدروجين الذي يتم جمعه عند درجة حرارة $20^\circ C$.
احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة $20^\circ C$ إذا علمت أن الضغط الكلي لخليط غازي الهيدروجين وبخار الماء هو 100.0 kPa

استعمال قانون دالتون تستعمل الضغوط الجزئية للغازات لتحديد كمية الغاز الناتجة عن التفاعل، حيث يُجمع الغاز الناتج في وعاء ماء منكسر، كما هو موضح في الشكل 6-1، فيحل الغاز على 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 بتركيز هذه الغازات. فالضغط الجزئي لبخار الماء له قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة. فالضغط الجزئي لبخار الماء عند درجة حرارة $20^\circ C$ 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.

المعطيات

أدخل معلومات من هذا البند في مطويتك.

التقويم 1-1

الخلاصة

5. **الفكرة الرئيسية** فسر سبب استعمال نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
6. فسر كيف يمكن قياس ضغط الغاز.
7. فسر لماذا ينكسر وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله على الماء.
8. احسب الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي 1.20 atm والضغط الجزئي لأحدهما هو 0.75 atm .

التقويم 1-1

5. تتكون الغازات من جزيئات صغيرة تتحرك عشوائيًا، ويصطدم بعضها ببعض بصورة مرنة.
6. يقاس الضغط الجوي بالباروميتر، في حين يقاس ضغط الغاز في وعاء مغلق بالمانوميتر.
7. إذا لم يُقلب الوعاء فسيمرّ الغاز، الذي هو أقلّ كثافة من الماء، من خلال الماء ويتسرب من فتحة الوعاء.
8. 0.45 atm

1-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة

الفكرة الرئيسية

قوى التجاذب بين الجزيئية أسأل الطلبة: كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئية في تحديد الحالة الفيزيائية للمادة؟
تقبل الإجابات المنطقية جميعها على أن تصحح المفاهيم غير

الصحيحة. **ضم م**

2. التدريس

عرض عملي

تجاذب الجزيئات شريط الحلقة والخطاف؛ لنمذجة كيف يؤثر حجم الجزيئات في قوة التجاذب بينها. ودع الطلبة يلاحظوا فصل شريطي من أشرطة الحلقة والخطاف، أطولهما مختلفة، واسألهم أيهما أسهل: فصل الجزيئات الطويلة أم القصيرة؟ **دم**

1-2

الأهداف

- تصف القوى الجزيئية.
- تقارن بين القوى بين الجزيئية.
- مراجعة المفردات
- التساهمية القطبية، رابطة
- تتكون عندما يكون التشارك بالإلكترونات غير متساو.

المفردات الجديدة

- قوى التشتت
- قوى ثنائية القطب
- الروابط الهيدروجينية

قوى التجاذب Forces of Attraction

الفكرة الرئيسية تحدد قوى التجاذب بين الجزيئية. ومنها قوى التشتت والثنائية القطب والروابط الهيدروجينية. حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

الربط مع الحياة تعلم أن الماء أحد المواد النادرة التي توجد في صورة صلب أو سائل أو غاز في الظروف العادية. وهذه الخاصية الفريدة -بالإضافة إلى الخواص الأخرى التي أودعها الخالق عز وجل به- تجعله أساس الحياة.

القوى بين الجزيئية 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، وفيها 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. يبين الجدول 1-2 المقارنة بين قوى التجاذب الجزيئية.

لا تمثل قوى الترابط الجزيئية كافة قوى التجاذب بين الجسيمات، بل هناك قوى تجاذب أخرى تسمى القوى بين الجزيئية (intermolecular forces)، وهي قوى بنية تربط بين جسيمات المادة الواحدة. فإما أن يكون الترابط بين جسيمات متشابهة، مثل تلك التي بين جزيئات الماء، أو بين جسيمات مختلفة مثل ذرات الكربون في الجرافيت، وذرات الكربون في جسيمات السليلوز في الورق. سنتناقل في هذا الدرس ثلاثة أنواع من القوى بين الجزيئية، هي: قوى التشتت، وثنائية القطب، والروابط الهيدروجينية. وعلى الرغم من اختلاف هذه القوى في قوتها بعضها عن بعض، إلا أن القوى بين الجزيئية كلها أضعف من تلك القوى الجزيئية.

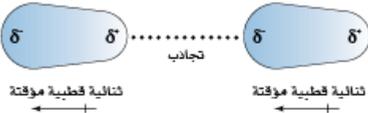
الجدول 1-2	قوى التجاذب الجزيئية	نوع الرابطة
أيونية	الشحنات السالبة والموجبة.	مثال NaCl
تساهمية	النواة الموجبة والإلكترونات المشتركة.	مثال H ₂
فلزية	الأيونات الفلزية الموجبة والإلكترونات المتحركة.	مثال Fe

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى قد يفيد الطلبة الذين يجدون صعوبة في فهم عملية جمع القوى بين الجسيمات، من خلال عمل نماذجهم الخاصة لجزيئات صغيرة، وأخرى كبيرة، مستخدمين قطعاً من ورق التجليد اللاصق. لذا دع الطلبة يقصّوا دوائر ذات حجوم مختلفة من ورق التجليد، ثم ينزعوا الورقة الخلفية ويلصقوا بعضها ببعض. دعهم يحاولوا فصل الدوائر بعضها عن بعض، ويقارنوا بين القوة التي يتطلبها فصل الدوائر حسب حجومها. **دم**



الشكل 1-7 تتناهر السحب الإلكترونية عند اقتراب جزيئين أحدهما من الآخر، مكونة ثنائية قطبية مؤقتة؛ حيث تمثل إشارة δ منطقة الشحنة الجزئية على الجزيء. هسبر مادا تمثل إشارتا δ و δ^- الموجودتان على ثنائية القطب المؤقتة؟



قوى التشتت تذكر أن جزيئات الأكسجين غير قطبية؛ لأن إلكتروناتها متوزعة بالتساوي بين ذرتي أكسجين ذات الكهر وسالية 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**، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحياناً بقوى لندن؛ نسبة إلى الفيزيائي فريتز لندن F. London الذي كان أول من وصف هذه القوى.

تذكر أيضاً أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحابة الإلكترونية. وعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر - ولا سيما عند تصادمهما - فإن السحابة الإلكترونية لأحدهما تتناثر مع السحابة الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة - ولو لحظة - أكبر في جهة عن الأخرى لكل سحابة إلكترونية، فيكون 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 1-7.

✓ **ماذا قرأت؟** هسبر سبب تكون قوى التشتت.

تنشأ قوى التشتت بين الجسيمات كافة، ولكنها قوى ضعيفة بالنسبة إلى الجسيمات الصغيرة، ويزداد تأثيرها مع ازدياد عدد الإلكترونات الموجودة. لذلك كلما زاد حجم الجسم تصبح قوى التشتت أكثر قوة. توجد مثلاً عناصر الفلور والكلور والبروم واليود في صورة جزيئات ثنائية الذرة. تذكر أن عدد الإلكترونات في المدار قبل الأخير تزداد كلما اتجهت من الفلور نحو اليود مروراً بالكلور والبروم. وكلما كان حجم جزيء الهالوجين كبيراً تكوّن فرق كبير بين المناطق الموجبة والسالبة في ثنائيته القطبية المؤقتة، والتي ينتج عنها قوى تشتت كبيرة.

وهذا الفرق في قوى التشتت يفسر سبب وجود كل من الفلور والكلور في الحالة الغازية، والبروم سائلاً، واليود صلباً عند درجة حرارة الغرفة.

✓ **ماذا قرأت؟** توقع الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين At عند درجة حرارة الغرفة، مبيّناً سبب ذلك.

قوى ثنائية القطب تحتوي الجزيئات القطبية على ثنائية قطبية دائمة، أي أن بعض المناطق في الجزيء القطبي تكون سالبة جزئياً دائماً، وبعضها الآخر يكون موجباً جزئياً دائماً، مما يخلق تجاذباً بين هاتين المنطقتين المختلفتين الشحنة، وهذا ما يسمى **قوى ثنائية القطب**.

أما الجزيئات القطبية المجاورة فتوجه نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معاً.

المهارة اطلب إلى الطلبة إعداد جدول للمقارنة بين قوى التجاذب بين الجزيئية، والقوى ثنائية القطبية، وقوى الروابط الهيدروجينية، وقوى التشتت من حيث قواها النسبية، وكيفية تكوّن كل نوع، وإعطاء أمثلة على أنواع الجزيئات المكوّنة لها.

■ **إجابة سؤال الشكل 1-7** تمثلان شحنة جزيئية موجبة وسالبة على التوالي.

✓ **ماذا قرأت؟** تنتج عن الإزاحة المؤقتة للكثافة الإلكترونية في السحابة الإلكترونية.

✓ **ماذا قرأت؟** يجب أن يكون الإستاتين صلباً مثل اليود وللأسباب نفسها؛ نجد جزيئات الهالوجين الأكبر حجماً لها عدد إلكترونات أكثر، وعليه تكون قوة التشتت لها أكبر؛ فتؤدي إلى تقارب الجزيئات بعضها من بعض، وتكوين مواد صلبة عند درجة حرارة الغرفة.

الخلفية النظرية للمحتوى

فريتز لندن هو عالم فيزيائي أمريكي من أصل ألماني، ولد في بيرسلاو بألمانيا (بولندا حالياً) وتعلّم في ألمانيا وفرنسا، وهاجر إلى الولايات المتحدة عام 1939م. وكان أستاذاً للكيمياء في جامعة ديوك في ديورهام / كارولينا الشمالية. وقد درس المواد والموائع فائقة التوصيل بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية.

مشروع الكيمياء

قوى التجاذب بين الجزيئية اطلب إلى الطلبة إعداد لوحات حائط؛ لتفسير الأنواع المختلفة لقوى التجاذب بين الجزيئية، وعرضها في الصف.

تطبيقات كيميائية

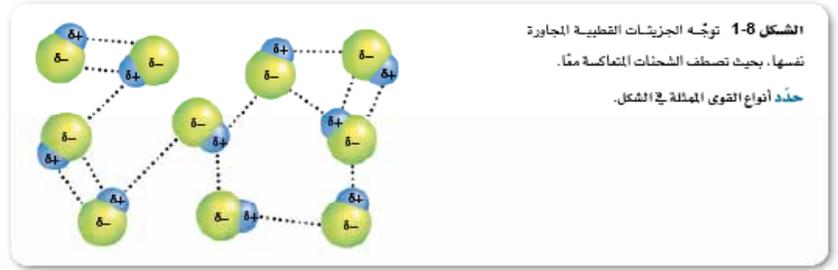
التجاذب والتنافر تختلف قدرة الأقمشة المختلفة على امتصاص الماء حسب التركيب الكيميائي لها؛ فالقطن يتكوّن من السيليلوز، وهو عبارة عن بوليمر من الجلوكوز. ويحتوي كل جزيء جلوكوز على مجموعتين من OH^- اللتين تكوّنان روابط هيدروجينية مع أكثر من جزيء ماء؛ لذا يمتصّ القطن الماء بسهولة، ممّا يجعله مناسباً للاستعمال في صناعة مناشف المطبخ والحمام. ولهذا السبب تُبرّد الملابس القطنية الجسم في الصيف؛ حيث تقوم طاقة الجسم الحرارية بتبخير الماء بواسطة التعرق الذي يمتصه القطن الملتصق به. وبالمقابل يتضمّن تركيب النايلون عددًا قليلاً من المجموعات التي يمكن أن تكون روابط هيدروجينية مع الماء، حيث تتكوّن معظم بوليمرات النايلون من مجموعات -CH_2 التي تكوّن روابط تشتت ضعيفة. وبما أن النايلون لا يمتصّ الماء؛ لذا فهو يستعمل في صناعة المظلات والسترات الواقية من المطر.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة البحث عن التركيب الكيميائي للعديد من أنواع الأنسجة المختلفة، على أن يستعمل الطلبة التركيب الكيميائي لتركيبة الأنسجة من حيث عدد الروابط الهيدروجينية التي يكوّنها النسيج مع الماء، ثمّ يجتبروا قدرات كل منها على امتصاص الماء. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 8-1 قوى ثنائية القطب.**

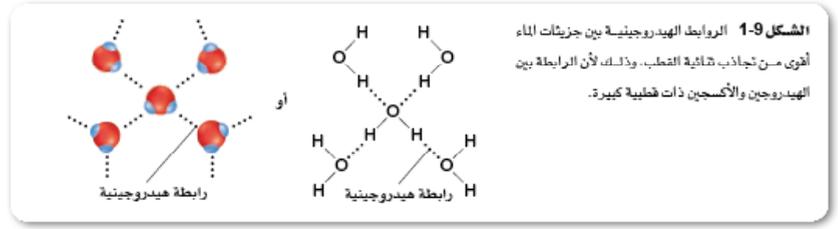
✓ **ماذا قرأت؟** تنشأ قوى ثنائية القطب بين الجزيئات ذات القطبية الدائمة، على حين تنشأ قوى التشتت بين الجزيئات ذات القطبية المؤقتة.



عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين بعضها من بعض تنجذب ذرة الهيدروجين الموجبة جزئيًا في الجزيء نحو ذرة الكلور في جزيء آخر، والتي تكون سالبة جزئيًا. يوضح الشكل 8-1 تجاذبات متعددة بين جزيئات كلوريد الهيدروجين؛ لأنّ ثنائية القطب دائمة في هذا الجزيء القطبي، فمن المتوقع أن تكون قوى ثنائية القطب 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 - ومنها جزيئات كلوريد الهيدروجين HCl الموضحة في الشكل 8-1 - تبقى قوى التشتت فيها متفوقة على قوى ثنائية القطب.

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين قوى ثنائية القطب وقوى التشتت.

الروابط الهيدروجينية نوع خاص من قوى ثنائية القطب، وتحدث بين الجزيئات التي تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية كبيرة تحتوي على الأقل على زوج واحد من الإلكترونات غير المرتبطة. وتتغلب عادة الروابط الهيدروجينية على كل من قوى التشتت وقوى ثنائية القطب. ولكي تتكوّن **الرابطه الهيدروجينية** لا بد للهيدروجين أن يرتبط إما بذرة 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 المرتبطة 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 المرتبط مع ذرة أكسجين في جزيء آخر، كما هو موضح في الشكل 9-1.



دفتر الكيمياء

لينوس باولينج اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا ملخصًا قصيرًا حول عمل لينوس باولينج المرتبط بالروابط الهيدروجينية. **ض م**

3. التقويم

التحقّق من الفهم

اسأل الطلبة ما نوع القوى بين الجزيئية التي يجب التغلب عليها لـ

- صهر الثلج؟ الروابط الهيدروجينية
- غلي الماء؟ الروابط الهيدروجينية
- صهر NaCl؟ الروابط الأيونية
- تسامي I₂؟ قوى التشتت

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة أن يرتبوا قوى التجاذب بين الجزيئية من حيث زيادة قوتها. قوى التشتت ← ثنائية القطب ← الروابط الهيدروجينية. **ضم م**

التوسّع

اسأل الطلبة، أي المركبات الآتية يمكنه تكوين روابط ثنائية القطبية؟ CH₄ , CO , CO , Cl₂ , NO , CH₄ **ضم م**

خواص المركبات الجزيئية				الجدول 1-3
درجة الغليان (°C)	الكثافة المولية (g)	التركيب الجزيئي	الصيغة الكيميائية	المركب
100	18.0		H ₂ O	الماء
-164	16.0		CH ₄	الميثان
-33.4	17.0		NH ₃	الأمونيا

تفسر الرابطة الهيدروجينية سبب وجود الماء في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما تكون المركبات المشابهة للماء في حالتها في الحالة الغازية. انظر إلى المعلومات الواردة في الجدول 1-3. من السهل تفسير الفرق بين الماء والميثان؛ فجزئيات الميثان غير قطبية، والقوى الوحيدة التي تربط بين جزئياتها هي قوى التشتت الضعيفة. أما جزئيات كل من المركبين الماء والأمونيا فيمكنها تكوين روابط هيدروجينية. ولأن الأمونيا غازاً عند درجة حرارة الغرفة فذلك يدل على أن قوى الترابط بين جزئيات الأمونيا ليست 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 لذلك فإن الروابط الهيدروجينية بين جزئيات الماء أكثر قوة من الروابط الهيدروجينية بين جزئيات الأمونيا.

التقويم 1-2

الخلاصة

9. **مفتوح** **الدراسة** فسر ما الذي يحدّد حالة المادة عند درجة حرارة معينة؟
10. قارن بين القوى بين الجزيئية، ثم صف القوى في الجزئيات.
11. قوّم أيّ الجزئيات الآتية يستطيع تكوين روابط هيدروجينية؟ وأنها يحتوي على قوى التشتت بوصفها قوى بين الجزئيات؟ فسر إجابتك. **a. H₂ . b. NH₃ . c. HCl . d. HF**
12. تفسّر البيانات هناك أربع روابط تساهمية أحادية في جزيء الميثان CH₄، بينما يوجد 25 رابطة تساهمية أحادية في جزيء الأوكتان C₈H₁₈، فكيف يؤثر عدد الروابط في قوى التشتت في كلا المركبين؟ وأي المركبين يكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة؟ وأيهما في الحالة السائلة؟

التقويم 1-2

9. تحدّد قوى التجاذب بين الجزيئية الحالة الفيزيائية للمادة؛ ففي الحالة الصلبة تكون قوى التجاذب بين الجزيئية قوية جداً، وتبقى الجزئيات معاً. وفي الحالة السائلة تصبح قوى التجاذب أضعف، أما في الحالة الغازية فلا تخضع الجزئيات لقوى تجاذب تذكر.
10. تتكون قوى التجاذب بين الجزيئية بين الجزئيات وتؤدي هذه القوى إلى ربط الجزئيات معاً.
11. الروابط هيدروجينية b و d. قوى تشتت في a و b و c و d بسبب وجود قوى التشتت بين الجسيمات كافة.
12. إن وجود روابط أكثر يعني وجود إلكترونات أكثر؛ لتكوين روابط قطبية مؤقتة، ويعني أيضاً قوى تشتت أكبر. فالميثان غاز، في حين أن الأوكتان سائل.

1-3

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

قانون الغاز المثالي يوضح العلاقات المتبادلة بين الحجم والضغط، ودرجة الحرارة، وكمية الغاز. اطلب إلى الطلبة أن يضعوا قائمة بجميع الطرق التي يعتقدون أنها تزيد حجم البالون. قد تتضمن الإجابات إضافة المزيد من الهواء، أو زيادة درجة الحرارة، أو خفض الضغط. واسألهم أيضاً كيف يمكن توضيح أثر خفض الضغط. وضع البالون في حجرة تفريغ

الهواء. **ف م ض م د م**

2. التدريس

التعزيز

عدد جسيمات الغاز ينص مقلوب مبدأ أفوجادرو على أن الأعداد المتساوية من جسيمات الغاز عند نفس درجة الحرارة والضغط لها الحجم نفسه. ويمكن أن يستعمل هذا المبدأ لتعزيز مفهوم المول؛ لأنه يساعد الطلبة على فهم أن الأعداد المتساوية من جزيئات الغازات المختلفة لها الحجم نفسه على الرغم من اختلاف الكتل. فعلى سبيل المثال، 1 mol أو 6.02×10^{23} جزيء من غاز الهيدروجين عند الظروف القياسية لها الحجم نفسه الذي يمتلكه 1 mol أو 6.02×10^{23} جزيء من غاز النيتروجين على الرغم من اختلاف كتلتها، حيث إن كتلة الهيدروجين مقدارها 2 g، في حين أن كتلة النيتروجين مقدارها 28 g.

■ **اجابة سؤال الشكل 1-10 على الرغم من تفاوت حجوم الجسيمات التي تتكون منها الغازات المختلفة، إلا أن نظرية الحركة الجزيئية تنص على أن جزيئات الغاز تكون متباعدة بصورة تضمن ألا يكون للحجم الحقيقي للجسيمات أثر في تحديد حجم الغاز، أما في السوائل والمواد الصلبة فتكون الجزيئات متقاربة بعضها إلى بعض بحيث تحدث اختلافًا في حجومها.**

1-3

الأهداف

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

الفكرة الرئيسية يربط قانون الغاز المثالي بين عدد الجسيمات وكل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم.

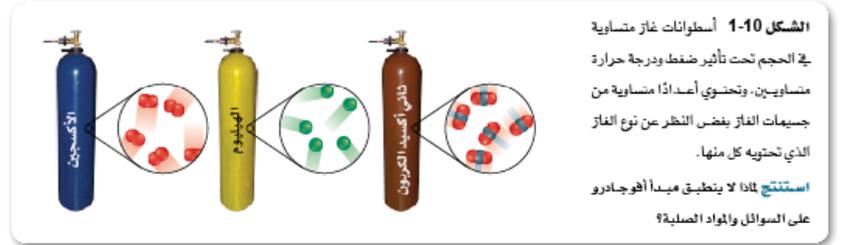
الربط مع الحياة تعلم أن إضافة الهواء إلى إطار السيارة يزيد من ضغط الهواء في الإطار، ولكن هل تعلم أن قيمة الضغط المحددة للإطار هي قيمة الضغط في الإطار عندما يكون باردًا؟ فعندما تتحرك إطارات السيارات على الطريق يعمل الاحتكاك على رفع درجة الحرارة، فيزيد الضغط.

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle

تختلف حجوم جسيمات الغازات، ومع ذلك تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغاز في أي عينة تكون متباعدة كثيرًا جدًا، بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلًا جدًا على الحجم الذي يشغله الغاز. فمثلاً يشغل 1000 جسيم من غاز الكريبتون الكبيرة نسبيًا 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 الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط. وبين الشكل 1-10 حجمًا متساوية من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والأكسجين.

الحجم وعدد المولات من المعروف أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على 6.02×10^{23} من الجسيمات. وأن الحجم المولاري لغاز هو الحجم الذي يشغله 1 mol منه عند درجة حرارة 0.0°C ، وضغط جوي 1 atm. وتعرف درجة الحرارة 0.0°C والضغط الجوي 1 atm بدرجة الحرارة والضغط القياسيين STP. هذا وقد بين أفوجادرو أن 1 mol من أي غاز يشغل حجمًا مقداره 22.4 L، لذا يمكنك استعمال 22.4 L/mol بوصفه معامل تحويل عندما يكون الغاز في الظروف القياسية STP. فإذا رغبت مثلًا في معرفة عدد المولات في عينة من الغاز حجمها 3.72 L، في الظروف القياسية، فيتعين عليك استعمال الحجم المولاري لتحويل وحدات الحجم إلى مولات.

$$3.72 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}} = 0.166 \text{ mol}$$



الحجم المولاري المكون الرئيسي للغاز الطبيعي المستعمل في المنازل لأغراض التدفئة والظهو هو الميثان CH_4 . احسب حجم 2.00 Kg من غاز الميثان في الظروف القياسية STP.

1 تحليل المسألة

يمكن حساب عدد المولات من خلال قسمة كتلة العينة m على الكتلة المولية M . ولأن الغاز تحت الظروف القياسية STP، لذا يمكنك استعمال الحجم المولاري لتحويل عدد المولات إلى حجم.

المطلوب
 $V = ? L$

المعطيات
 $m = 2.00 \text{ kg}$
 $T = 0.00^\circ C$
 $P = 1.00 \text{ atm}$

2 حساب المطلوب

حدّد الكتلة المولية للميثان

احسب الكتلة المولية

عبر عن الكتلة الجزيئية باستعمال

g/mol لتصل إلى الكتلة المولية.

احسب عدد مولات الميثان

حوّل الكتلة المولية من وحدة Kg إلى g

اقسم على الكتلة المولية لإيجاد عدد المولات.

$$M = 1 \text{ C atom} \left(\frac{12.01 \text{ amu}}{1 \text{ C atom}} \right) + 4 \text{ H atoms} \left(\frac{1.01 \text{ amu}}{1 \text{ H atom}} \right)$$

$$= 12.01 \text{ amu} + 4.04 \text{ amu} = 16.05 \text{ amu} = 16.05 \text{ g/mol}$$

$$2.00 \text{ kg} \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) = 2.00 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\frac{m}{M} = \frac{2.00 \times 10^3 \text{ g}}{16.05 \text{ g/mol}} = 125 \text{ mol}$$

$$V = 125 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 2.80 \times 10^3 \text{ L}$$

3 تقويم الإجابة

مقدار الميثان الموجود أكبر من 1 mol؛ لذا يجب أن تتوقع حجماً كبيراً، وهذا يتفق مع الإجابة. الوحدة هي L ، وهي وحدة قياس الحجم.

مسائل تدريبية

13. ما حجم الوعاء اللازم لاحتواء 0.0459 mol من غاز النيتروجين N_2 في الظروف القياسية STP؟
14. ما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات، الموجودة في بالون حجمه 1.0 L في الظروف القياسية STP؟
15. ما الحجم بوحدة ml الذي يشغله هيدروجين كتلته 0.00922 g في الظروف القياسية STP؟
16. ما الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416 g من غاز الكربون في الظروف القياسية STP؟
17. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 4.5 Kg من غاز الإيثيلين C_2H_4 في الظروف القياسية STP؟
18. تحدّ إزاء 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؟

مثال في الصف

سؤال غاز مجهول حجمه 11.2 L، وكتلته 22 g عند الظروف القياسية STP. فما مقدار الكتلة الجزيئية للغاز؟ استخدم أولاً الحجم المولاري لحساب عدد المولات، ثم احسب الكتلة المولية.

الإجابة

$$1 \text{ mol}/22.4 \text{ L} \times 11.2 \text{ L} = 0.5 \text{ mol. } 22 \text{ g}/0.5 \text{ mol} = 44 \text{ g/mol.}$$

مسائل تدريبية

1.03 L.13

2.00 g.14

102 ml.15

0.111 L.16

$3.6 \times 10^3 \text{ L}$.17

14.6 L.18

التقويم



المعرفة ضع لترًا واحدًا من كلٍّ من الغازات المختلفة مثل الهيدروجين، والميثان، والبروبان، والنيتروجين في بالونات منفصلة، واكتب الرمز الكيميائي الخاص بالغاز على البالون الذي يحتويه. وإذا لم تتوافر الغازات فارسم البالونات على السبورة، ثم اسأل الطلبة فيما إذا كانت تتساوى الغازات في كلٍّ من: الحجم؟ **نعم** عدد الجزيئات؟ **نعم** الكتلة؟ **لا** عدد المولات؟ **نعم** **ض م**

التنوع الثقافي

التكيف فوق المرتفعات العالية يعيش كثير من سكان العالم فوق المرتفعات العالية في أمريكا الجنوبية وسكان الهيمالايا في آسيا. يساوي الضغط الجزئي لأكسجين الهواء عند ارتفاع 5334 m في منحيم جبل إيفرست في الهيمالايا نصف ضغطه عند مستوى سطح البحر. لذا فإن كثيراً من متسلقي الجبال يستعملون أسطوانات الأكسجين فوق جبل الإيفرست، في حين أن المرشدين المحليين أقل اعتماداً على الأكسجين الإضافي. وقد عكف العلماء في السنوات المئة الماضية على دراسة التكيفات الجينية والشكلية لهذه المجتمعات؛ لتحديد الاختلافات في التكيف بينها وبين من يعيشون في المناطق المنخفضة.

يمتلك الكثير ممن يعيشون في المناطق المرتفعة تركيزاً عالياً من

عرض عملي

الغاز والحجم ضع 5ml من الماء في البالون، وأضف إليه قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم CaC_2 ، وأغلق البالون بإحكام، ثم اطلب إلى الطلبة أن يفسروا ما يلاحظونه من تغيرات. **يزداد حجم الغاز في البالون لأن مقداره قد ازداد، في حين بقي كل من درجة الحرارة والضغط ثابتين. ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة حلّ المسألة الآتية: تزن عينة من غاز جافّ 2.1025 g، وتشغل حيزاً مقداره 2.850 L عند درجة حرارة $22.0^\circ C$ ، وضغط 740 mmHg. فما عدد مولات الغاز الموجودة؟ **0, 115 mol، ض م**

ماذا قرأت؟ يتناسب كل من الحجم والضغط طردياً مع عدد المولات.

مختبر الكيمياء يمكن استعمال مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل عند هذه المرحلة.

دفتر الكيمياء

تاريخ الكيمياء اطلب إلى الطلبة كتابة ملخص حول الأبحاث التي قام بها الكيميائيون في العصور الوسطى في دفاترهم. واطلب إليهم تعرّف ما اكتشفه هؤلاء العلماء حول طبيعة الغازات، وتضمنين ملخصاتهم رسماً لأداة مختبرية استخدموها.

قانون الغاز المثالي The Ideal Gas Law

يمكن جمع كل من مبدأ أفوجادرو وقوانين بويل وشارل وجاي-لوساك في علاقة رياضية واحدة تصف العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز. تعطي هذه الصيغة نتائج أفضل للغازات التي تنطبق عليها افتراضات نظرية الحركة الجزيئية، التي تعرف بالغازات المثالية. إن أحجام جسيمات الغازات صغيرة جداً وبينها فراغات كبيرة لدرجة أن قوى التجاذب أو التنافر فيما بينها تصبح أقل ما يمكن. يربط القانون العام للغازات بين متغيرات الضغط والحجم ودرجة الحرارة لمقدار محدد من الغاز.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

وتبقى علاقة الضغط والحجم ودرجة الحرارة دائماً نفسها لعينة محددة من الغاز. ويمكن إعادة كتابة العلاقة المثلة في القانون العام للغازات على النحو الآتي:

$$PV = nRT$$

يوضح الشكل 1-11 أن زيادة مقدار الغاز الموجود في العينة يؤدي إلى زيادة الضغط، إذا كانت درجة الحرارة والحجم ثابتين، كما أن الحجم يزداد عند إضافة المزيد من جسيمات الغاز. ونحن نعرف أن كلا من الحجم والضغط يتناسبان تناسباً طردياً مع عدد المولات n ، لذا يمكن وضع عدد المولات n في معادلة القانون العام للغازات، كما يأتي:

$$PV = nRT$$

ولقد حددت التجارب التي استعملت فيها قيم معروفة لكل من n و P و V و T قيمة هذا الثابت، والذي يعرف بثابت الغاز المثالي، ويرمز له بالرمز R . فإذا كان الضغط مقاساً بوحدة atm فإن وحدة R تكون $L \cdot atm / mol \cdot K$.

لاحظ أن وحدة R تجمع وحدات المتغيرات الأربع. وبين الجدول 1-4 القيم الرقمية لثابت الغاز المثالي R بوحدة مختلفة للضغط.

ماذا قرأت؟ هسر لماذا أضيف عدد المولات n إلى المقام في المعادلة أعلاه؟

عند التعويض عن R في المعادلة، وعند إعادة ترتيب المتغيرات تنتج الصيغة الأكثر شيوعاً لقانون الغاز المثالي؛ حيث يصف قانون الغاز المثالي السلوك الفيزيائي للغاز المثالي من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وعدد مولات الغاز المتوفرة.

الجدول 1-4	قيم R ووحدةها
قيمة R	وحدات R
0.0821	$L \cdot atm / mol \cdot K$
8.314	$L \cdot kPa / mol \cdot K$
62.4	$L \cdot mmHg / mol \cdot K$

قانون الغاز المثالي

P = الضغط.

V = الحجم.

n = عدد المولات.

R = ثابت الغاز المثالي.

T = درجة الحرارة.

إن حاصل ضرب الضغط والحجم في مقدار معين من الغاز عند درجة حرارة ثابتة يساوي مقدراً ثابتاً.

$$PV = nRT$$

الهيموجلوبين في دمهم، مما يمكنهم من الاستفادة من أي كمية موجودة من الأكسجين بكفاءة. في حين يمتلك معظم الناس الذين تكيفوا للعيش في المناطق العالية قبل سن البلوغ حويصلات كبيرة وواسعة، مما يساعد على زيادة قدرة رئاتهم أكثر من الآخرين. ويكون عدد هذه الحويصلات وحجمها في رئاتهم أكبر من مثيلاتها لدى الناس الذين يعيشون عند مستوى سطح البحر. وقد تساعد هذه المعرفة على معالجة الحالات الصحية المزمنة لدى سكان المناطق المرتفعة مثل ارتفاع ضغط الشريان الرئوي المرتفع، والتورم، ومرض الأماكن المرتفعة المزمن. وقد تساعد أيضاً على تحديد الاحتياطات الطبية التي يجب أن يتخذها متسلقو الجبال، ورجال الإنقاذ، وغيرهم ممن يعيشون فوق المرتفعات ويعانون من صعوبات في التكيف.

قانون الغاز المثالي احسب عدد مولات غاز الأمونيا NH_3 الموجودة في وعاء حجمه 3.0 L عند درجة حرارة $3.0 \times 10^2\text{ K}$ وضغط 1.5 atm

تحليل المسألة

اعطيت الحجم ودرجة الحرارة والضغط لعينة من الغاز. استعمل قانون الغاز المثالي، واختَر قيمة الثابت R بالاعتدال على وحدة الضغط في السؤال. قيم الضغط ودرجة الحرارة قريبة من الظروف القياسية، لكن الحجم أصغر كثيراً من 22.4 L ، فعليك أن تتوقع أن الإجابة أقل بكثير من 1 mol

المطلوب
 $n = ?\text{ mol}$

المعطيات

$$V = 3.0\text{ L}$$

$$T = 3.00 \times 10^2\text{ K}$$

$$P = 1.50\text{ atm}$$

$$R = 0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$$

حساب المطلوب

استعمل قانون الغاز المثالي، ثم عوّض بالقيم المعروفة لإيجاد قيمة (n)

اكتب قانون الغاز المثالي

حل لإيجاد n

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{(1.50\text{ atm})(3.0\text{ L})}{(0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}})(3.00 \times 10^2\text{ K})}$$

$$V = 3.0\text{ L}, T = 3.00 \times 10^2, P = 1.50\text{ atm} \quad R \text{ عوض}$$

$$= 0.0821 \text{ L}\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$$

اضرب الأرقام والوحدات وانقسمها

$$n = \frac{(1.50\text{ atm})(3.0\text{ L})}{(0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}})(3.00 \times 10^2\text{ K})} = 0.18\text{ mol}$$

تقويم الإجابة

تنفق الإجابة مع توقع أن عدد المولات أقل بكثير من 1 mol ، ووحدة الإجابة بالمول mol

مسائل تدريبية

19. حدّد درجة الحرارة السليزية لـ 2.49 mol من الغاز الموجود في إناء سعته 1.00 L ، وتمت ضغط مقداره 143 kPa .

20. احسب حجم 0.323 mol من غاز ما عند درجة حرارة 256 K وضغط جوي مقداره 0.90 atm .

21. ما مقدار ضغط 0.108 mol ، بوحدة الضغط الجوي - لعينة من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C إذا كان حجمها 0.050 L ؟

22. إذا كان ضغط غاز حجمه 0.044 L يساوي 3.81 atm عند درجة حرارة 25.0°C ، فما عدد مولات الغاز؟

23. تحدّد غاز مثالي حجمه 3.0 L فإذا تضاعف عدد مولاته ودرجة حرارته وبقي الضغط ثابتاً، فما حجمه الجديد؟

عرض عملي

مولات الغاز كلّف طالباً نفخ كرة أو إطار، واسأل الطلبة

الأخرين، في أثناء مراقبتهم له، كيف يمكن لهم حساب

عدد مولات الغاز في الكرة أو الإطار؟ عدد المولات n

يساوي $\frac{PV}{RT}$ ، حيث R قيمة ثابتة، ويمكنهم استعمال مقياس

الحرارة في قياس درجة حرارة الهواء، ومقياس ضغط

الإطارات في قياس ضغط الهواء في الإطار، ويمكنهم

لإيجاد حجم الهواء في الإطار قياس حجم الكرة أو الإطار،

ثم حساب الحجم، أو تفريغ الهواء في مخبار مدرج مملوء

بالماء موضوع بصورة مقلوبة داخل وعاء يحتوي على الماء،

ثم قياس حجم الماء المزاح. **ضم**

مثال في الصف

سؤال حدّد درجة الحرارة المطلقة بالكلفن التي يتطلبها

0.014 mol من غاز لملء بالون حجمه 1.20 L تحت تأثير

ضغط مقداره 0.988 atm

الإجابة:

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{(0.988\text{ atm})(1.20\text{ L})}{(0.014\text{ mol})(0.0821 \frac{\text{L}\cdot\text{atm}}{\text{mol}\cdot\text{K}})}$$

$$= 307\text{ K}$$

دفتر الكيمياء

الأوزون في الغلاف الجوي اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا حول رحلة

جزيء كلوروفلوروكربون (CFC) في الغلاف الجويّ علماً بأن مركبات

الكلوروفلوروكربون (CFCs) تحتوي على الفريون المحظور في

الولايات المتحدة الأمريكية، لكنه لا يزال مستعملاً في دول أخرى.

ويتعين عليهم أن يتبعوا الذرات في (CFC) بمجرد انتقالها إلى الغلاف

الجوي حيث يتفاعل الكلور مع الأوزون. **ضم**

مسائل تدريبية

19. -266°C

20. 7.81 L

21. 5.14 atm

22. $6.9 \times 10^{-3}\text{ mol}$

23. 12 L



المفردات
أصل الكلمة
المول (Mole)
جاءت من الكلمة الألمانية mol،
وهي اختصار Molekulargewicht،
وتعني الوزن الجزيئي.

المهارة اكتب القانون العام للغازات بالكلمات على السبورة،
واطلب إلى الطلبة أن يعبروا عن الصيغة بمعادلة رياضية.
يتناسب مقدار محدد من الغاز تناسباً عكسياً مع حجمه وطردياً
مع درجة حرارته، كما يتناسب حجمه تناسباً طردياً مع درجة
حرارته. $P_1 \times P_2 = V_1/T_1 \times V_2/T_2$. **ض م**

إثراء

ثاني أكسيد الكربون اصطحب الطلبة إلى مطعم قريب يمتلك
آلة صودا موصلة بخزان غاز ثاني أكسيد الكربون، واطلب
إلى أحد العاملين أن يوضح لهم كيف تُضاف الكربونات إلى
الشراب. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 1-12** كثافة غاز ثاني أكسيد الكربون
أكبر من كثافة الهواء

قانون الغاز المثالي- الكتلة المولية والكثافة The Ideal Gas Law – Molar Mass and Density

يمكن أن يستعمل قانون الغاز المثالي في إيجاد أي قيمة من قيم المتغيرات الأربعة
 P, V, T و 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 كل
من الكتلة ودرجة الحرارة والضغط وحجم الغاز معروفاً. تذكر ما تعلمته سابقاً، حيث
إن عدد مولات الغاز n تساوي الكتلة m مقسومة على الكتلة المولية MM . لذلك
يمكن التعويض عن n بمقدار m/MM .

$$PV = nRT \quad n = \frac{m}{MM} \quad PV = \frac{mRT}{MM}$$

ويمكنك إعادة ترتيب المعادلة لتصبح على النحو الآتي:

$$MM = \frac{mRT}{PV}$$

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 .

$$MM = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{m}{V} \quad MM = \frac{DRT}{P}$$

يمكنك إعادة ترتيب المعادلة لإيجاد الكثافة لتصبح على النحو الآتي:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

لماذا نحتاج إلى معرفة كثافة الغاز؟ فكر في طرائق إطفاء الحريق. تعتمد إحدى طرائق
إطفاء الحريق على منع غاز الأكسجين من الوصول من خلال تغطية الحريق بغاز آخر
لا يحترق، أو لا يساعد على الاحتراق، كما هو موضح في الشكل 1-12. لذا يجب أن
تكون كثافة هذا الغاز أكبر من كثافة الأكسجين ليحل محله.



الشكل 1-12 لإطفاء الحريق تحتاج إلى
إبعاد الوقود أو الأكسجين أو الحرارة عن مصدر
الحريق. تحتوي طفاية الحريق على ثاني أكسيد
الكربون الذي يحل محل الأكسجين، لكثافته لا
يشعل، وله تأثير مبرّد نتيجة تمدده السريع
بمجرد إطلاقه.
اشرح لماذا يحل ثاني أكسيد الكربون محل
الأكسجين؟

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا كيف يُطبق قانون الغاز
المثالي على الغازات الحقيقية، ويمكنهم استعمال معادلة فان دير
فال بعد إدخال الثوابت a, b الخاصة بكل غاز على المعادلة العامة
للغازات لتصبح:

$(P + n^2a/V^2)(V - nb) = nRT$ ، حيث يصحح الجزء الأول من هذه
المعادلة حجم جزيئات الغاز الحقيقي، ويصحح الجزء الثاني قوى
التجاذب بين الجزيئات. لاحظ أن a, b ثوابت يتم تحديدها تجريبياً
لكل غاز على حدة. **ف م**

7. وبينما يستمر التفاعل في الكأس في إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، مرر الغاز بحذر شديد، وليس السائل في الأسطوانة. سجل ملاحظاتك.



تحليل

1. طبق حسب 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 أنه يتعين عليك حساب الكتلة المولية لكل غاز حتى تتمكن من حساب كثافة كل غاز.
3. هسهو هل تدعم ملاحظاتك وحساباتك استعمال ثاني أكسيد الكربون في مكافحة الحرائق. ولماذا؟

إعداد نموذج لطفاية حريق

لماذا يستعمل غاز ثاني أكسيد الكربون لإطفاء الحريق؟

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
 2. قس درجة الحرارة باستعمال مقياس الحرارة، والضغط الجوي باستعمال البارومتر، ثم سجل البيانات التي حصلت عليها.
 3. لفّ قطعة من رقائيق الألومنيوم أبعادها $23cm \times 30cm$ على أسطوانة ارتفاعها $30cm$ ونصف قطرها $6cm$ تقريباً ثم ألصق أطراف قطعة القصدير.
 4. استعمل أعواد الثقاب لإشعال الشمعة.
- تحذير، اسكب الماء فوق أعواد الثقاب قبل رميها، وابتعد عن مصادر اللهب.
5. ضع $30g$ من صودا الخبز و $NaHCO_3$ في كأس كبيرة، وأضف إليها $40ml$ من الخلل CH_3COOH تركيزه 5% .
 6. ضع أسطوانة رقائيق الألومنيوم بسرعة فوق لهب الشمعة بزوايا مقدارها 45° .
- تحذير، لا تجعل نهاية طرف الأسطوانة القريب من الشمعة المشتعلة يلامسها.

الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي
Real Versus Ideal Gases

ماذا يعني مصطلح الغاز المثالي؟ تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية، فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدوماً، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزاً، ولا توجد قوى تجاذب بينها، ولا تتجاذب مع جدران الوعاء الموجودة فيه، ولا تتناثر 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.

التحليل

1. نجد باستعمال قانون $V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2}$ عند $298 k$ و $98.6 kPa$ ، أن الحجم المولاري $25.1 L =$
2. $CO_2 44.0 g / 25.1 L = 1.75 g / L$
 $O_2 32.0 g / 25.1 L = 1.27 g / L$
 $N_2 28.0 g / 25.1 L = 1.12 g / L$
3. نعم، يتحرك CO_2 إلى أسفل المخبر المدرج مؤدياً إلى إزاحة الهواء وإطفاء لهب الشمعة.

الهدف سيستعمل الطلبة مبدأ أفوجادرو والقانون العام للغازات، لحساب كثافة الغازات الثلاثة، والمقارنة بينها عند درجة حرارة الغرفة، ثم تحديد الضغط الجوي.

المهارات عملية استعمال الأرقام، كتابة الفرضيات.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة في المختبر قبل بدء العمل. وراجع معايير السلامة للمواد السامة. ويتعين على الطلبة ارتداء معطف المختبر والقفازات، وذكرهم بضرورة توخي الحذر في المنطقة المحيطة بلهب الشمعة والألومنيوم الساخن.

التخلص من النفايات يتعين على الطلبة القيام بغسل الأدوات، والتخلص من أعواد النفايات وفقاً لإرشادات المعلم.

استراتيجيات التدريس

- ارجع إلى كيفية تحضير المحاليل في المقدمة.
- استعن بمصادر معلومات للحصول على معلومات حول الضغط الجوي المحلي إذا لم يكن لديك باروميتر.
- اطلب إلى الطلبة حساب حجم غاز CO_2 الذي يتطلبه ملء المخبر المدرج.
- $V = \pi r^2 h$ ؛ $850 ml$ تقريباً.
- ذكّر الطلبة بوضع فوهة الأنبوب بصورة صحيحة، على أن يتدفق الغاز مباشرة نحو اللهب.

النتائج المتوقعة

إن غاز CO_2 ، والذي هو أثقل من الهواء، سوف يتدفق إلى الأسفل نحو أسطوانة الألومنيوم، ويطفئ لهب الشمعة.

✓ **ماذا قرأت؟** يتبع الغاز المثالي افتراضات نظرية الحركة الجزيئية جميعها: الجسيمات لا تشغل حيزاً ولا يوجد قوى تجاذب فيما بينها، وتصادماتها مرنة تماماً.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة أن يظهرُوا مهاراتهم في قراءة البارومتر، ثم افحص الضغط أولاً، وشرح للطلبة كيفية قراءة الجهاز، ثم اطلب إلى كل طالب أن يقرأ الضغط الجوي، ويسجل كل قراءة في ورقة صغيرة. **د م ض م**

الرياضيات في الكيمياء

حساب نسبة التغير تتضمن بعض مسائل قوانين الغازات حساب النسبة المئوية للزيادة أو النقصان في كل من درجة الحرارة، أو الحجم، أو الضغط. يحتاج الطالب في هذه الحالة أن يحسب نسبة القيمة النهائية إلى القيمة الابتدائية لحساب نسبة الزيادة أو النقصان باستعمال العلاقة الآتية:

$$\Delta y = \left[\frac{X_2}{X_1} - 1 \right] \times 100\%$$

حيث X تمثل درجة الحرارة أو الضغط أو الحجم أو الكمية، و Δy تمثل نسبة التغير

ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيراً، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيها بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تماماً. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستعمال قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.

✓ **ماذا قرأت؟** هسر العلاقة بين نظرية الحركة الجزيئية والغاز المثالي.

أقصى ضغط ودرجة حرارة متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستعمال مع الغاز الحقيقي؟ تخمد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. ويسلك غاز النيتروجين سلوك الغاز الحقيقي، فعند 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 كافٍ يتكاثف الغاز الحقيقي مكوناً سائلاً. ويسلك غاز البروبان في الخزان الظاهر في الشكل 1-13 أيضاً سلوك 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 - ومنها البروبان - إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.



الشكل 1-13 لا يتبع الغاز الحقيقي قانون الغاز المثالي عند قيم الضغط ودرجات الحرارة كلها.

يمكن تخزين كمية من البروبان السائل أكبر 270 مرة منها في الحالة الغازية في الحجم نفسه. وتشتمل أسطواناته صغيرة من البروبان السائل وقوداً للطهي في المنازل.

مشروع الكيمياء

جوزيف برستلي اطلب إلى الطلبة البحث في أعمال العالم البريطاني جوزيف برستلي الذي يُعد مكتشف الأكسجين. وأشر إلى أن هذا العالم شأنه شأن الكثير من العلماء كان ناشطاً سياسياً حيث اعتقل في بريطانيا بسبب دعمه للثورة الأمريكية، وقد انتقل إلى أمريكا عام 1794م. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 1-14** سيكون أقل من الضغط المتوقع من قانون الغاز المثالي.

التعلم البصري

الشكل 1-14 اطلب إلى الطلبة تفسير لماذا يكون سلوك الغازات غير القطبية أقرب من سلوك الغازات القطبية إلى الغاز المثالي. يوجد بين جزيئات الغاز القطبي قوى تجاذب أكبر، نظراً لوجود أقطاب مختلفة الشحنة تتجاذب مع الأقطاب المخالفة لها في الجزيئات الأخرى للغاز نفسه.

اطلب إلى الطلبة أن يرسموا مخططاً لجزيئات الغازات الآتية CO و N_2 و NH_3 ويحددوا ما إذا كان كل غاز منها قطبيًا، أو اطلب إليهم تحديد القطب الموجب، والقطب السالب لكل غاز قطبي. N_2 غير قطبي، CO و NH_3 غازان قطبيان، الأقطاب الموجبة هي C في CO ، و H في NH_3 ، أما الأقطاب السالبة فهي C في CO ، و N في NH_3 . **ض م**

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى كل مجموعة كتابة مسألتين تتعلقان بقانون الغاز المثالي ثم حلّهما. **ض م**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة أن يحددوا كيفية حساب عدد مولات الغاز التي يحتويها إطار منفوخ. يمكن للطلبة استعمال قانون الغاز المثالي؛ لعمل هذه الحسابات إذا كان لديهم مقياس ضغط الإطارات ومقياس الحرارة، والشريط المتر. **ض م**

التوسع

اطلب إلى الطلبة إجراء بحث لتحديد الغازات النبيلة التي يمكن أن تتفاعل في ظل ظروف خاصة، واكتب معادلات تفاعل هذه الغازات. **ف م**



الشكل 1-14 التجاذب ما بين جسيمات الغاز غير القطبي ضعيف بينما يكون التجاذب بين جسيمات الغازات القطبية مثل بخار الماء قوياً.

استنتج على افتراض إهمال حجم الجسيمات، كيف سيكون ضغط عينة من الغاز تتضمن قوى تجاذب بين الجزيئات مقارنة بالضغط المتوقع بحسابه باستعمال قانون الغاز المثالي؟

القطبية وحجم الجسيمات تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلاً يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بواسطة قوى كهروستاتيكية، كما في الشكل 1-14، لذا، لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان C_4H_{10} حيزاً 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 1-3

الخلاصة

24. **الفترة الرئيسية** لفسر لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكون من جزيئات صغيرة والتي تتكون من جزيئات كبيرة؟
25. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.
26. حلّل كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مستعملاً نظرية الحركة الجزيئية؟
27. توقع الظروف التي يحتمل أن يختلف عنها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟
28. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعاً لكل من المتغيرات في قانون الغاز المثالي.
29. 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 .
30. ارسم رسماً بيانياً واستعمله لتخفيض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1 psi ($14.7\text{ psi}=1.0\text{ atm}$) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار 6°C ، ارسم رسماً بيانياً 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).

التقويم 1-3

24. يكون حجم جسيمات أي غاز قليلاً جداً مقارنة بحجم الغاز. ومن المفترض أن يهمل حجم جسيمات الغاز.
25. $PV=nRT$
26. يسلك الغاز الحقيقي سلوكاً مشابهاً لسلوك الغاز المثالي في الظروف التي تزيد فيها المسافة، وتقل فيها قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له. وأفضل الظروف لذلك هي عندما تكون درجات الحرارة مرتفعة والضغط منخفض.
27. ينحرف الغاز الحقيقي في سلوكه عن الغاز المثالي عند الظروف التي تقل فيها المسافة، وتزيد قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له، وذلك عندما تقل درجة الحرارة، ويرتفع الضغط.
28. $P: \text{atm, mm Hg, torr, kPa}; V: \text{L, ml}; T: \text{K}; n: \text{mol}$
29. 4.16 g
30. يجب أن يوضّح الرسم البياني ضغط الهواء وعلاقته بدرجة الحرارة، المنحنى الناتج سيكون خطأ مستقيماً يُبين علاقة التناسب الطردي بين المتغيرات.

الهدف

يكشف الطلبة المبادئ التي تقف وراء العلاج بالأكسجين المضغوط (HBOT*)، وكيف يستعمل العلاج بالأكسجين HBOT في معالجة التسمم بأول أكسيد الكربون.

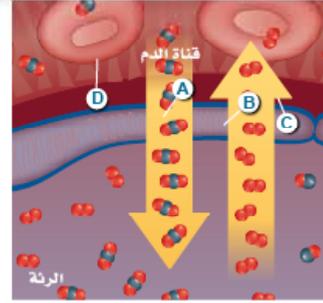
الخلفية النظرية

يشعر المرضى الذين يتعرضون للعلاج بالأكسجين المضغوط بالشعور نفسه الذي يشعر به ركاب الطائرات عند الإقلاع أو الهبوط. فعندما يزداد الضغط تدريجياً يشعر المريض بزيادة الضغط على أذنيه، ويمكن إزالة أثر هذه الزيادة عن طريق التثاؤب. وتعود الأذن إلى وضعها الطبيعي تلقائياً عندما ينخفض الضغط في نهاية المعالجة؛ لذا يجب ضبط كل من درجة الحرارة والرطوبة بحرص في غرفة الضغط العالي.

استراتيجيات التدريس

قارن بين حجم الغاز في رئات الغطاسين عند سطح البحر، وتحت سطح الماء على عمق 30 m. واطلب إلى الطلبة أن يطبقوا معرفتهم بعلاج ارتفاع الضغط بالأكسجين، لمعرفة كيف تساعد HBOT الغطاسين عند صعودهم بسرعة؛ مما يؤدي إلى خروج غاز النيتروجين من سوائل الجسم والأنسجة بسرعة؛ ليكون فقاعات الغاز.

*hyperbaric oxygen therapy



الشكل 2 تبادل الغازات بين الرئتين وجهاز الدوران.

التسمم بغاز أول أكسيد الكربون Carbon-monoxide poisoning
استعمل الشكل 2 لمعرفة كيف يساعد HBOT على علاج التسمم بغاز أول أكسيد الكربون.

التبادل الطبيعي للغاز ينقل غاز O₂ من الرئتين إلى الدم، ويرتبط مع هيموجلوبين الدم في خلايا الدم الحمراء، فيتحرك ثاني أكسيد الكربون CO₂ كما يظهر عند الموضع A.

تبادل الغاز غير الطبيعي إذا دخل أول أكسيد الكربون إلى الدم كما يوضحه الرمز B، عوضاً عن الأكسجين فإنه يرتبط مع الهيموجلوبين، وتبدأ خلايا الجسم بالموت نتيجة حرمانها من الأكسجين.

الأكسجين في بلازما الدم بالإضافة إلى الأكسجين الذي يحمله الهيموجلوبين يذوب الأكسجين في بلازما الدم كما هو مبين في C. وتساعد المعالجة بالأكسجين HBOT على زيادة تركيز الأكسجين المذاب إلى المقدار الذي يحافظ على الجسم سليماً.

التخلص من أول أكسيد الكربون يساعد الأكسجين المضغوط على التخلص من أول أكسيد الكربون المرتبط بالهيموجلوبين كما يوضح الشكل D.

الكتابة في الكيمياء أعد كتيب معلومات حول استعمال (HBOT) لعلاج الجروح التي لا تلتئم بسرعة.

الصحة والضغط

تعيش حياتك اليومية وتعمل وتلعب في الهواء حيث يكون الضغط 1atm تقريباً، ونسبة الأكسجين 21%، فهل تساهلت يوماً: ماذا يمكن أن يحدث لو كان الضغط ونسبة الأكسجين في الهواء أكثر؟ هل كنت ستعاني من المرض أو الجروح بسرعة؟ هذه الأسئلة هي قلب جوهر العلاج بالأكسجين المضغوط.

العلاج بالأكسجين المضغوط Hyperbaric medicine
إن كلمة (hyper) تعني عالياً أو زائداً. و (bar) هي وحدة الضغط، وتساوي 100 kPa، وهذا تقريباً الضغط الجوي الطبيعي. لهذا فإن المصطلح hyperbaric يشير إلى ضغط أعلى من الضغط الطبيعي. يتعرض المرضى الذين يعالجون بالأكسجين المضغوط لضغط أعلى من الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر.

ارتباط الأكسجين The oxygen connection يرتبط ارتفاع الضغط غالباً مع ارتفاع تركيز الأكسجين الذي يتلقاه المرضى. ويشير العلاج بالأكسجين المضغوط HBOT** إلى علاج بواسطة أكسجين تركيزه 100%. وبين الشكل 1 غرفة المعالجة بالأكسجين المضغوط؛ حيث يمكن أن يصل الضغط في هذه الغرفة إلى خمسة أو ستة أضعاف الضغط العادي. وتستخدم HBOT في معالجة مدى واسع من الحالات، ومنها الحروق والدوار والجروح التي لا تلتئم بسرعة ومرض الأثيميا وبعض الأمراض المعدية.



الشكل 1 يستلقي المريض في غرفة العلاج في أثناء (HBOT)، ويتحكم الفني في الضغط ونسبة الأكسجين.

* للإطلاع فقط

**Hyperbaric Oxygen Therapy

الكتابة في الكيمياء

البحث يتعين على الطلبة أن يصبحوا قادرين على وصف استعمال HBOT في معالجة الجروح، بعد تعبئة نماذج البيانات. لذا زودهم بسلام تقدير؛ لتمكينهم من إجراء التقويم الذاتي، أو تقويم الأقران للنماذج التي قاموا بتعبئتها ضمن خمسة مستويات. وقد تتضمن سلام التقدير ما يلي: عرض المعلومات، ووصف ظروف العلاج، ووصف المزايا والأخطار المحتملة المرتبطة بها، ووصف مدى فعالية النموذج في مساعدة المريض على تقرير ما إذا كان يقبل العلاج بواسطة HBOT أم لا.

مختبر الكيمياء

الإعداد

الزمن المخصص 30 دقيقة.

المهارات العملية جمع البيانات وتنظيمها، وكتابة الفرضيات، والملاحظة.

احتياطات السلامة تأكد من توافر شروط السلامة قبل بدء العمل. ولا تسمح للطلبة بتناول حبوب الذرة المعدّة المعدّ في أواني المختبر الزجاجيّة، وحذّرهم من أنّ الزيت الحارّ قد يتطاير ويحرق الجلد.

التخلص من النفايات كلّف الطلبة إلقاء الحبوب في المكان المخصص للنفايات التخلّص من الزيت بتنظيفه بالماء والصابون.

خطوات العمل

- يجب أن تكون شبكة التسخين الإضافيّة كافية لإبقاء حبوب الذرة في الدورق.
- لن تفرقع بعض حبوب الذرة.
- من المهمّ ألا يحرق الطلبة الذرة، ويوصى بأن تحتوي شبكة التسخين على قطعة سيراميك دائرية لتوزيع حرارة الموقد.

البيانات

5.0 ml	حجم الماء
7.8 ml	الحجم الكليّ، للماء والحبوب
110.934 g	كتلة الكأس، والزيت، والذرة قبل الفرقة
109.952 g	كتلة الكأس، والزيت، والحبوب بعد الفرقة

حلل واستنتج

1. حسابات العينة:

$$7.8 \text{ ml} - 5.0 \text{ ml} = 2.8 \text{ ml}; 2.8 \text{ ml} = 0.0028 \text{ L}$$

2. حسابات العينة:

$$110.943 \text{ g} - 109.952 \text{ g} = 0.991 \text{ g}$$

3. حسابات العينة:

$$(1 \text{ mol H}_2\text{O}) / (18.02 \text{ g H}_2\text{O}) \times 0.991 \text{ g}$$

$$= 0.0550 \text{ mol H}_2\text{O}$$

مختبر الكيمياء

تحديد الضغط في حبات الذرة

الخلاصة عندما يكون ضغط بخار الماء داخل حبات الذرة Popcorn كبيراً بشكل كافٍ، تفرقع الحبات وتطلق بخار ماء. ويمكن استعمال قانون الغاز المثالي في إيجاد الضغط في هذه الحبات عند انفجارها.

سؤال ما مقدار الضغط اللازم لفرقة حبات الذرة؟

المواد والأدوات اللازمة

حبات ذرة (18-20)	حيار مدرج 10 ml
زيت نباتي 1.5 ml	كأس زجاجية سعة 250 ml
2 شبكة تسخين مرعبة	ماسك كأس
موقد بنزن	ميزان
حامل حلقة	ماء مقطر
حلقة حديدية صغيرة	ورق تشيف

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدولاً لتسجيل البيانات.
3. ضع 5ml تقريباً من الماء المقطر في حيار مدرج، وسجل حجمه.
4. ضع 18-20 حبة ذرة في الحيار المدرج مع الماء، وحرك الحيار المدرج بلطف؛ لتجبر فقاعات الهواء على الخروج ثم سجل حجم الماء وحبات الذرة معاً.
5. أخرج الحبات من الحيار المدرج وجففها.
6. ضع الحبات الجافة مع 1.0 إلى 1.5 ml 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 باستعمال الموقد، وحرك الموقد إلى الأمام والخلف لتسخين الزيت بالتساوي.
10. لاحظ التغيرات في حبات الذرة في أثناء التسخين، ثم أطفئ الموقد عندما تفرقع حبات الذرة.
11. استعمل ماسك الكأس لإبعاد الكأس عن الحلقة، واتركه حتى يبرد تماماً.

الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار مقدار الضغط اللازم لفرقة أنواع مختلفة من حبوب الذرة.

$$4. \text{ حسابات العينة: } P = \frac{nRT}{V}$$

$$(0.0550 \text{ mol})(0.0821 \text{ L.atm}) / (\text{mol.K})(498 \text{ K}) / 0.0028 \text{ L} = 803 \text{ atm}$$

5. القيمة المحسوبة أكبر من الضغط الجوي.

6. يرجع عدم فرقة بعض حبات الذرة إلى قلة الماء فيها، مما يؤدي إلى قلة ضغط الماء عند تبخره.

7. ستتنوع الإجابات، على أن تتضمن مصادر الخطأ كالأص من وجود بخار ماء على الدورق، وفقدان بعض الزيت، وحقيقة أن بعض حبات الذرة لا تفرقع.

الاستقصاء

يمكن أن يكتشف الطلبة أن الأنواع المختلفة من الذرة تحتاج إلى ضغوط مختلفة لتفرقع، وأن كمية الماء الموجود فيها هي العامل الأكثر تأثيراً في سرعة الفرقة.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

اطلب إلى الطلبة كتابة جملة حول كل مصطلح من المفردات الواردة في الفصل لتعزيز تعلمهم. **ض م**

استراتيجيات المراجعة

• اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بوحدة القياس الدولية SI، وأخرى بالوحدات الشائعة لكل من الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة. **ض م**

• اطلب إلى الطلبة تلخيص قوانين الغازات، وذلك من خلال كتابة القيم التي تبقى ثابتة، وتلك التي تتغير في كل قانون. **ض م**



يمكن للطلبة زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الوصول إلى مواقع في الشبكة للحصول على المزيد من المعلومات والمشاريع والأنشطة.
- مراجعة محتويات الفصل.
- تقديم اختبارات الفصل، والإجابة عن أسئلة الاختبار المقنن.
- استعمال الموقع لتنزيل المحتوى على الحاسوب.

الغرفة (العمامة) تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخواص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية، فالغازات مثلاً تتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم وعدد الجسيمات بطرائق يسكن التنبؤ بها.

1-1 الغازات

المفاهيم الرئيسية

• تفسر النظرية الحركية الجزيئية خواص الغازات اعتماداً على حجم جسيماتها وحركتها وطاقاتها.

• يستعمل قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.

المفردات

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الضغط
- الباسكال
- الضغط الجوي
- قانون دالتون للضغوط الجزئية

1-2 قوى التجاذب

المفاهيم الرئيسية

• تفسر القوى التجاذبية بين الجزيئية - ومنها قوى التشتت، والقوى ثنائية القطب، والروابط الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

• تفسر القوى التجاذبية بين الجزيئية - ومنها قوى التشتت، والقوى ثنائية القطب، والروابط الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- قوى التشتت
- قوى ثنائية القطب
- الروابط الهيدروجينية

1-3 قانون الغاز المثالي

المفاهيم الرئيسية

• يربط قانون الغاز المثالي عدد الجسيمات بالضغط ودرجة الحرارة والحجم.

• ينص مبدأ أفوجادرو على أن الأحجام المتساوية من الغازات عند نفس الضغط ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه من الجسيمات.

• يربط قانون الغاز المثالي كمية الغاز الموجود مع ضغط الغاز ودرجة حرارته وحجمه

$$PV = nRT$$

• يمكن استعمال قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية إذا كانت كتلة الغاز معروفة، ويمكن استعماله أيضاً لإيجاد كثافة الغاز إذا كانت كتلته المولية معروفة.

$$MM = \frac{mRT}{PV} \quad D = \frac{MMP}{RT}$$

المفردات

- مبدأ أفوجادرو
- الحجم المولاري
- ثابت الغاز المثالي
- قانون الغاز المثالي

1-1

إتقان المفاهيم

31. ما التصادم المرن؟

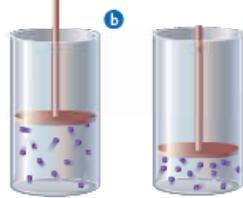
32. كيف تتغير الطاقة الحركية للجسيمات تبعاً لدرجات الحرارة؟

33. استعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدد والانضغاط.

34. اذكر افتراضات نظرية الحركة الجزيئية.

35. صف الخواص العامة للغازات.

36. في الشكل 1-15، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 1-15

37. صناعة الخبز فسر لماذا تختلف تعليمات طريقة عمل الخبز الموجودة على علبة المكونات في الأماكن المنخفضة عن الأماكن المرتفعة، وهل تتوقع أن يكون الزمن اللازم لعمل الخبز أطول أم أقصر عند الارتفاعات العالية؟

إتقان المسائل

38. ما الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في عينة هواء، إذا كان الضغط الكلي لها 1.00 atm والضغط الجزئي للنيتروجين 0.79 atm وللأكسجين 0.20 atm وللغازات الأخرى المتبقية 0.0044 atm؟

39. ما ضغط الغاز الكلي في دورق مغلق يحتوي على أكسجين تحت ضغط جزئي يساوي 0.41 atm وبخار ماء تحت ضغط جزئي يساوي 0.58 atm؟

40. تسلق جبال تبلغ قيمة الضغط عند قمة أعلى جبل في العالم، قمة إفرست، 33.6 kPa تقريباً، حول قيمة الضغط إلى وحدة ضغط جوي، ثم قارن بين هذا الضغط والضغط عند سطح البحر.

41. ارتفاعات عالية يساوي الضغط الجوي عند قمة أحد الجبال 84.0 kPa تقريباً. ما قيمة هذا الضغط بوحدتي atm والتورر torr؟

42. يساوي الضغط على عمق 76.21m في المحيط 8.4 atm تقريباً. حول قيمة الضغط إلى وحدتي kPa و mmHg.

1-2

43. وضح الفرق بين القطبية المؤقتة والدائمة.

44. لماذا تعد قوى التشتت أضعف من القوى الثنائية القطب؟

45. فسر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم القوى الثنائية القطب؟

46. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئية وقوى التجاذب الجزيئية.

47. لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية بعضها مع بعض أقوى من تجاذب الجزيئات الكروية غير القطبية التي لها المكونات نفسها؟

إتقان المسائل

48. الجزيئات القطبية استعمل الاختلاف في الكهروسالبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:

CO.d NO.c HBr.b HF.a

إلكترونية على جانب واحد من الجزيء. وتوجد القطبية الدائمة في الجزيئات القطبية التي يكون فيها بعض الأماكن في الجزيء لها شحنة موجبة جزئية دائماً، وأخرى سالبة.

44. تتكون قوى التشتت بين الأقطاب المؤقتة، في حين تكون قوى ثنائية القطبية - ثنائية القطبية بين الأقطاب الدائمة.

45. تتضمن الرابطة الهيدروجينية اختلافاً كبيراً في الكهروسالبية بين ذرة الهيدروجين، والذرة المرتبطة بها (O, N, F)، مما يجعل الرابطة ذات قطبية عالية جداً.

46. تربط قوى التجاذب بين الذرات في الجزيء الذرات معاً، في حين أن قوى التجاذب بين الجزيئية تربط الجزيئات المختلفة معاً.

47. لأن الجزيئات الطويلة لها مساحة سطح أكبر، لذلك تزداد قوى التجاذب بين الجزيئية.

48. a. H-F .b. N-O .c. H-Br .d. C-O

الفصل

1

1-1

إتقان المفاهيم

31. الذي لا يفقد الطاقة الحركية.

32. تتناسب طردياً مع حرارتها.

33. يمكن للغازات أن تنضغط بسهولة عند دفعها في حجم أصغر؛ بسبب المسافة بين جسيمات الغاز، وعند إزالة الضغط فحركتها العشوائية تسمح لها بالتمدد.

34. (1) تتكون المادة من جسيمات صغيرة.

(2) تتحرك الجسيمات باستمرار، ويتصادم بعضها مع بعض تصادمًا مرناً.

(3) تمتلك الجسيمات طاقة حركية، ومعدل الطاقة الحركية هو درجة الحرارة.

35. الغازات لها كثافة قليلة، ويمكن ضغطها، وتمدد لتملاً الحيز المتاح لها، وتنتشر وتندفق.

36. تقل الكثافة لأن جسيمات الغاز تحتل حجماً أكبر في وحدة المساحة.

37. بسبب اختلاف ضغط الهواء مع الارتفاع؛ فيقل الضغط على المرتفعات العالية مؤدياً إلى انخفاض درجة غليان الماء، وعليه يزداد زمن الطبخ.

إتقان المسائل

38. 0.01 atm

39. 0.99 atm

40. 0.332 atm، وهو ثلث الضغط عند سطح البحر.

41. 84 kPa = 0.829 atm = 630.1 torr

42. 8.4 atm = 8.5 x 10² kPa = 6.4 x 10³ mmHg

1-2

إتقان المفاهيم

43. تتكون القطبية المؤقتة عندما يقترب جزيء من جزيء آخر، وتتنافر الإلكترونات بعضها مع بعض منتجة كثافة

1 مراجعة الفصل

59. مهن في الكيمياء قاس عالم كيمياء فيزيائية أقل ضغط يمكن الوصول إليه في المختبر فكان $1.0 \times 10^{-15} \text{ mm Hg}$ ، ما عدد جسيمات غاز حجمه 1.00 L ودرجة حرارته 22.0°C عند هذا الضغط؟

60. 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 ثابتاً؟

61. العطور يوجد مركب جيرانيول في زيت الورد المستعمل 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 ؟

62. جد حجم 42 g من غاز أول أكسيد الكربون في الظروف القياسية STP.

63. حدّد كثافة غاز الكلور عند درجة 22.0°C وضغط جوي 1.00 atm .

64. أي الغازات في الشكل 1-16 يشغل الحجم الأكبر في الظروف القياسية STP؟ فسر إجابتك.



الشكل 1-16

65. إذا احتوى كل من الوعائين في الشكل 1-16 على 4.0 L من الغاز فما مقدار الضغط في كل منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.

49. ارسم تمثيلًا ثنائي القطبية بين جزيئين من أول أكسيد الكربون CO.

50. أي المواد الآتية يتكوّن روابط هيدروجينية؟

NH_3 . d HF . c H_2O_2 . b H_2O . a

51. أي الجزيئات الآتية تتكوّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جزيئات منها موضحة ترابطها معًا بواسطة الروابط الهيدروجينية.

CO_2 . d H_2O_2 . c MgCl_2 . b NaCl . a

1-3

إتقان المفاهيم

52. اذكر نص مبدأ أفوجادرو.

53. اذكر نص قانون الغاز المثالي.

54. ما حجم 1 mol من الغاز في الظروف القياسية؟ وما حجم 2 mol من الغاز في الظروف القياسية؟

55. ما المقصود بالغاز المثالي؟ ولماذا لا يوجد مثل هذا الغاز في الطبيعة؟

56. ما الشرطان اللذان لا يمكن أن يكون سلوك الغاز عندهما مثاليًا؟

57. ما وحدات الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسر ذلك.

إتقان المسائل

58. غاز المنازل يستعمل غاز البروبان C_3H_8 في المنازل لأغراض الطهي والتدفئة.

a. احسب حجم 0.540 mol من البروبان في الظروف القياسية.
b. فكّر في حجم هذه الكمية ومقدار البروبان الموجود فيها، ثم قس لماذا يتحول غاز البروبان إلى سائل قبل نقله؟

53. يصف قانون الغاز المثالي السلوك الفيزيائي للغاز بدلالة كل من الضغط، ودرجة الحرارة، وعدد مولات الغاز الموجودة.

22.4 L; 44.8 L.54

55. الغاز المثالي هو الغاز الذي لا تشغل جزيئاته حيزًا من الفراغ ، ولا يوجد بينها قوى تجاذب ، وتخضع لقوانين الغازات في جميع الظروف من الضغط ، ودرجة الحرارة. ولكن لا يوجد حقيقة غاز مثالي لأن جميع جسيمات الغازات لها الحجم نفسه وبينها قوى تجاذب.

56. ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة.

57. وحدة الكلفن، الحجم لا يتناسب تناسبًا طرديًا مع درجة الحرارة المقاسة بالسليزية ($^\circ\text{C}$).

إتقان المسائل

58. a. 12.1 L

b. يحول البروبان إلى سائل قبل نقله لأن سائل البروبان يحتل حجمًا أصغر من حجم الغاز للكمية نفسها.

59. 3.3×10^4 من الجسيمات.

60. 0.286 mol ; 0.265 mol

61. $1.50 \times 10^2 \text{ g/mol}$

62. 34 L

63. 2.93 g/L

64. يشغل غاز N_2 حيزًا أكبر عند الظروف القياسية STP مقداره 310 L ، في حين يشغل $260 \text{ L C}_3\text{H}_8$

65. البروبان: 66.1 atm ، النيتروجين: 76.2 atm

49. بالرجوع إلى الشكل 1-7 يجب أن يظهر الرسم الجزيئي CO

على أن تكون C موجبة جزئيًا، و O سالبة جزئيًا، ويجب أن ترتبط C من جزيء مع O من جزيء آخر.

50. يمكن أن تكون المواد كلها روابط هيدروجينية.

51. يمكن أن يكون H_2O_2 روابط هيدروجينية.

1-3

إتقان المفاهيم

52. تحتوي الحجم المتساوية من أي غاز مثالي العدد نفسه من

الجزيئات عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة.

74. إذا كان هناك وعاءان متماثلان يحتويان على الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها ولكن الضغط في أحدهما ضعف الضغط في الآخر فما الرأي الصحيح الذي يتعلق بكمية الغاز الموجودة في كل وعاء؟

75. عدد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئية.

76. تفلأز احسب الضغط داخل أنبوب الصورة في التفلأز، إذا كان حجمه 3.50 L، ويحتوي على 2.00×10^{25} من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي 22.0°C

77. احسب عدد اللترات التي يمكن أن تشغلها كتلة مقدارها 8.80g من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة عند:

STP .a

160°C و 3.00atm .b

118 kPa و 288 K .c

78. استهلاك الأكسجين إذا احترق 5.00 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20.0°C وضغط مقداره 80.1 kPa مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلكة؟ افترض أن كلا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

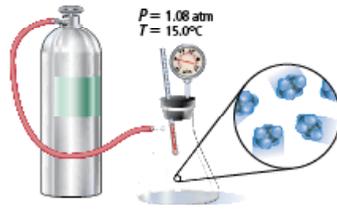
79. إذا احترق 2.33 L من غاز البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط جوي مقداره 67.2 kPa احتراقاً تاماً في كمية فائضة من الأكسجين، فما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج؟

80. التنفس يتنفس الإنسان 0.50 L من الهواء تقريباً خلال التنفس الطبيعي. افترض أن الظروف الطبيعية هي الظروف القياسية STP.

a. ما حجم النفس الواحد في يوم بارد على قمة جبل إفرست إذا كانت درجة الحرارة 60°C ، والضغط 253 mmHg؟

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؟

66. مُلئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يظهر في الشكل 1-17. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 1-17

67. ما كثافة عينة من غاز النيتروجين N_2 ، ضغطها 5.30 atm في وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C ؟

68. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L عند درجة حرارة 35.0°C ، وضغط جوي مقداره 3.1 atm؟

69. تشارك غازان قبل التفاعل في وعاء عند درجة حرارة 200 k، وبعد التفاعل بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة 400 K، فإذا كان كل من V و P ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

مراجعة عامة

70. استعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا تعتبر السوائل والغازات من الموائع؟

71. استعمل قوى التجاذب بين الجزيئية لتفسير سبب تواجد الأكسجين في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، بينما يوجد الماء في الحالة السائلة.

72. استعمل نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا يمكن ضغط الغاز بينما لا يمكن ضغط السائل أو الصلب؟

73. تساوي كثافة الزئبق عند 25°C وضغط 760 mmHg 13.5 g/ml بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط 1.00 g/ml. فسّر هذا الاختلاف، اعتياداً على قوى التجاذب بين الجزيئية ونظرية الحركة الجزيئية.

2.75 g.66

4.55 g/L.67

2.7 mol.68

69. سينخفض عدد المولات إلى النصف عند ثبوت الضغط والحجم ومضاعفة درجة الحرارة.

مراجعة عامة

70. لأنّ الجسيمات في الحالة السائلة والغازية تتماسك بقوى تجاذب أقل من الحالة الصلبة مما يسمح لها بالتدفق.

71. جزيئات الأكسجين غير قطبية، ويتماسك بعضها ببعض بواسطة قوى التشتت مما يجعل فصلها سهلاً. أمّا جزيئات الماء فتتماسك بواسطة روابط هيدروجينية قوية مما يجعل من الصعب فصلها، وعليه فإنّ للماء درجة غليان أعلى.

72. لأنّ الجسيمات في الحالة الغازية ينفصل بعضها عن بعض بصورة أكثر منها في الحالة الصلبة أو السائلة، ولذا فهناك فراغ أكبر بين الجسيمات مما يمكن ضغطها.

73. الروابط الفلزية التي تمسك ذرات الزئبق معاً هي أقوى من الروابط الهيدروجينية التي تمسك جزيئات الماء معاً، وعليه فإنّ ذرات الزئبق يتراص بعضها فوق بعض بصورة أكثر مما ينتج كتلة أكبر في وحدة الحجم.

74. الوعاء الذي يكون فيه ضعف الضغط، نجد فيه ضعف عدد الجسيمات.

75. الروابط الهيدروجينية، وقوى التشتت، وقوى ثنائية القطب.

4.94×10^{-6} atm.76

4.48 L .a.77

2.37 L .b

4.06 L .c

2.63 g.78

0.19 mol.79

1.2 L .a.80

0.75 L .b

التجاذب بين الجزيئات على تقليل قوى التصادم مع جدران الإناء، مما ينتج ضغطاً حقيقياً أقل من الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي.

84. a. أكثر كثافة.

b. أقل سرعة.

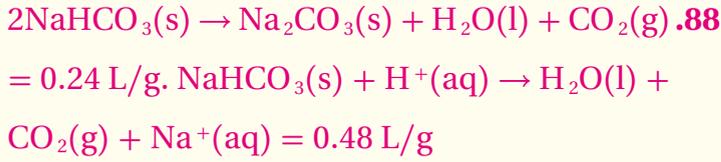
85. تذوب الأمونيا في الماء بصورة أكثر من الميثان؛ لأنّ الأمونيا والماء يمكن أن يكونا قوى تجاذب بين جزيئية أقوى (روابط هيدروجينية) بين بعضها البعض، في حين أن الماء والميثان يكونان قوى تشتت فقط، تكون أضعف من الروابط الهيدروجينية.

86. يحتاج طاقة: الانصهار والتسامي والتبخُّر.

ينتج طاقة: التجمّد والترسّب والتكاثف.

$$87. 8.314 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{cm}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

مسألة تحد

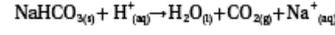
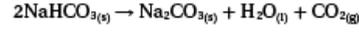


86. قوّم عدد ثلاث تغيرات تنتج طاقة، وثلاثة أخرى تستهلكها.

87. طبق ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي R في $\frac{\text{ml}\cdot\text{Pa}}{\text{K}\cdot\text{mol}}$ ؟

مسألة تحد

88. اليغيز يستعمل أحد الخبازين صودا الخبز لفتح الكعك، وتتحلل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقاً للتفاعلين الآتيين:



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 .

التفكير الناقد

81. فرضية أي المواد الصلبة المتبلورة تتوقع أن تتناسب مع الشروط الآتية بأفضل صورة؟

- مادة تتصهر ويعاد تكوينها عند درجات حرارة منخفضة.
- مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.
- مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة.
- مادة صلبة جداً وغير موصلة للكهرباء.

82. قارن يستعمل ضاغط الهواء الطاقة لضغط جزيئات الهواء معاً، وعندما يترك الهواء ليتمدد تستعمل الطاقة الناتجة في تنظيف السطوح بلطف دون استعمال مواد كاشطة سائلة أو صلبة إضافية. تعمل الأنظمة الهيدروليكية بالصورة نفسها، ولكنها تضغط الموائع لنقل القوة ومضاعفاتها. ما فوائد وعيوب استعمال هذين النوعين من التقنية في رأيك؟

83. استنتج هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقل من قيمة الضغط الحقيقي الذي تحدده عينة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسر إجابتك.

84. استنتج يتضمن عرض مختبري صبّ بخار البروم ذي اللون الأحمر الغامق في دورق يحتوي على الهواء، ثم يغلّق الدورق بإحكام. يتحرك البروم في البداية نحو القاع، وبعد عدة ساعات يتوزع اللون الأحمر بالتساوي في جميع أجزاء الدورق.

- هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقل من الهواء؟
- هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صبه فوق سائل آخر؟

85. حلل استعمال ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية لتحديد ما إذا كانت الأمونيا NH_3 أم الميثان CH_4 أكثر ذوبانية في الماء.

التفكير الناقد

81. a. مادة صلبة جزيئية

b. مادة صلبة فلزية

c. مادة صلبة أيونية

d. مادة صلبة تساهمية شبكية

82. ينتج ضاغط الهواء كميات من الطاقة بصورة سريعة؛ لأنّ الغازات يمكن ضغطها. تتضمن الأنظمة الهيدروليكية السوائل التي لا يمكن ضغطها بهذه السهولة، وهي أكثر فائدة لإنتاج طاقة ثابتة ببطء.

83. عند الضغوط العالية، ودرجات الحرارة المنخفضة فإنّ قانون الغاز المثالي يعطي ضغطاً أعلى من الضغط الذي يحدثه الغاز فعلياً. وفي ظل هذه الظروف فإنّ أثر قوى التجاذب بين الجزيئات يصبح أكثر أهمية. إذ تعمل قوى

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

89. يجب أن يظهر في تقرير الطلبة أن معدل التدفق البطيء ينتج عن استمرار أطول للرائحة.
90. يحتاج السائل إلى وعاء أصغر من الغاز، وعليه يمكن أن يحتوي الوعاء على وقود سائل أكثر من الصلب.
91. يسمح الاختلاف في الكثافة بين الهواء الساخن، والهواء البارد للبالون الساخن بالبقاء عاليًا، وكيفية التحكم في سرعة تسخين المنطاد للصعود والهبوط.
92. ينبغي أن تشمل إجابات الطلبة وصفًا لوظيفة منظم خزان الهواء بصورة شاملة، بالإضافة إلى جهاز يغير من مستويات ضغط الهواء، ويؤدي إلى تمريره. ومنظم المرحلة الأولى هو المنظم المتصل بأسطوانة الغاز، ويؤدي إلى خفض ضغط الخزان إلى مستويات الضغط المحيطة، بالإضافة إلى قيمة الضغط المحدد مسبقًا. (مثل 140 psi + الضغط المطلوب)، ويقع المنظم الثاني خلف المنظم الأول، ويزود الغطاس بالهواء المضغوط..

أسئلة المستندات

93. يزيد ناتج الأمونيا بزيادة الضغط، ويقل الناتج عند درجات الحرارة المرتفعة.
94. a. إذا زاد الضغط أكثر من 200 atm؛ فإن ذلك يؤدي إلى رفع درجة الحرارة.
- b. يؤدي إنقاص درجة حرارة هذا التفاعل إلى تقليل سرعته، ويزيد من الزمن الذي يتطلبه إنتاج الأمونيا.

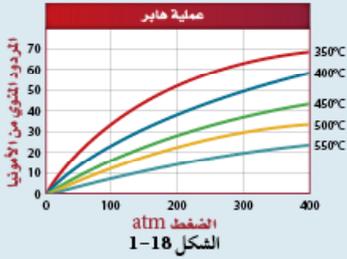
تقويم إضافي

التنقية في الكيمياء

89. المسك من المكونات الأساسية في الكثير من العطور والصابون والشامبو، وحتى في الأطعمة، ومنها الشوكولاتة وعرق السوس والحلوى الصلبة. تتكون مركبات المسك المحضرة صناعيًا والطبيعية من جزيئات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجزيئات المركبات الأخرى المكونة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكد على إطلاق بصورة بطيئة ومستمرة للعطر. اكتب تقريرًا عن كيمياء مكونات العطور مؤكدًا على أهمية سرعة الانتشار بوصفها أحد صفات العطر.
90. غاز البروبان وقود شائع الاستعمال في مواقد الغاز وتدفئة البيوت، إلا أنه لا يعاب في حالته الغازية، بل يُسبَل ويُطلق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد وسوائى تخزين ونقل البروبان سائلًا لا غازًا.
91. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم بالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقق حتى عام 1999م. اكتب تصورًا لك عن الرحلة، وصف كيف تغير درجة الحرارة كيفية التحكم في ارتفاع البالون؟
92. جهاز التنفس تحت الماء يبحث في أثر منظمات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يستعملها الغواصون واشرحه.

أسئلة المستندات

- عملية هابر تستخدم الأمونيا NH_3 في عملية صناعة الأسمدة والمدرات والأصبغ والبلاستيك. وعملية هابر هي طريقة إنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتمثل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المعكوس:
- $$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92 \text{ kJ}$$
- يوضح الشكل 1-18 أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.



93. فسر كيف يتأثر المردود المتوي للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟
94. تتم عملية هابر عند ضغط مقداره 200 atm، ودرجة حرارة $450^\circ C$. 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. كيف يؤثر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى $450^\circ C$ على الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا في رأيك؟

الاختبار المقنن

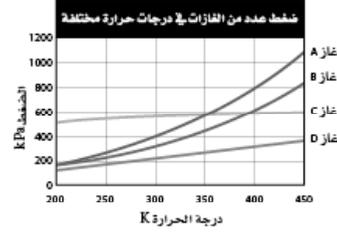
أسئلة الاختيار من متعدد

1. b
2. b
3. d
4. d
5. d

أسئلة الإجابات المفتوحة

6. يتعين على الطلبة اختيار رسم بياني من نوع الأعمدة أو الخطّي لتمثيل البيانات، مع تبرير أن كل نقطة من البيانات يمكن تمثيلها على الرسم البياني.

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و 5:



4. 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.
5. أي الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟
 - a. الغاز A
 - b. الغاز B
 - c. الغاز C
 - d. الغاز D

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 6:

مستوى الرادون ml/m ³	التاريخ	مستوى الرادون ml/m ³	التاريخ
0.05	2/05	0.15	8/04
0.05	3/05	0.03	9/04
0.06	4/05	0.05	10/04
0.13	5/05	0.03	11/04
0.05	6/05	0.04	12/04
0.09	7/05	0.02	1/05

6. 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 مجتمع أسترالي. اختر طريقة لرسم هذه البيانات في رسم بياني. وشرح السبب.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي الجمل الآتية لا تتفق مع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية؟
 - a. التصادمات بين جزيئات الغاز مرنة.
 - b. جزيئات العينة جميعها لها السرعة نفسها.
 - c. لا تتجاذب جزيئات الغاز أو يتنافر بعضها مع بعض بصورة ملحوظة.
 - d. للغازات جميعها عند درجة حرارة معينة متوسط الطاقة الحركية نفسها.
2. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربون والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق هو 3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكل من Ne و Kr هو 0.435 atm و 1.613 atm على التوالي، فما الضغط الجزئي لغاز Ar:
 - a. 2.048 atm
 - b. 1.734 atm
 - c. 1556 atm
 - d. 1318 atm

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 3.



3. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين كما هو موضح لتكوين الأمونيا. أي العبارات الآتية صحيحة في هذا التفاعل؟
 - a. يتكوّن من 3 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي من الجزيئات.
 - b. يتكوّن من جزيئي أمونيا ويتبقى جزيئاً هيدروجين.
 - c. يتكوّن من 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي من الجزيئات.
 - d. يتكوّن من جزيئي أمونيا ويتبقى جزيئاً نيتروجين.



الفصل 2

المحاليل

الفكرة العامة يوجد المحلول في صورة غاز أو سائل أو صلب اعتماداً على الحالة الفيزيائية للمذيب.

2-1 تركيز المحاليل

الفكرة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بدلالة النسبة المئوية أو المولات.

2-2 العوامل المؤثرة في الذوبان

الفكرة الرئيسية يتأثر تكون المحلول بعوامل، منها الحرارة والضغط والقطبية.

2-3 الخواص الجامعة للمحاليل

الفكرة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد الجسيمات المذابة في المحلول.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 2 / المحاليل (8 حصص)

البند	2-1	2-2	2-3	التقويم
عدد الحصص	3	2	2	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المخبرية
<p>1-2 تركيز المحاليل</p> <p>1. يصف التركيز باستعمال وحدات مختلفة.</p> <p>2. يحدد تركيز المحاليل.</p> <p>3. يحسب مولارية المحلول.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>تقويم بنائي</p> <p>ص 42 ، 43 ، 44 ، 45 ، 47 ، 49</p> <p>ماذا قرأت ص 43</p> <p>تقويم البند، ص 50</p>	<p>نشاط استهلاكي ص 39: كلوريد الأمونيوم N</p> <p>H₄Cl، ميزان، كأس سعة 100 ml، ماء، مخبار مدرج سعة 50 ml، ساق تحريك زجاجية، كلوريد الكالسيوم CaCl₂.</p> <p>الزمن المقدر: 15 دقيقة</p> <p>عرض عملي سريع ص 43:</p> <p>كحول، مخبار مدرج سعة 100 ml</p> <p>عرض عملي ص 45:</p> <p>كبريتات النحاس، نترات النيكل، ملون طعام، أنابيب اختبار</p>
<p>2-2 العوامل المؤثرة في الذوبان</p> <p>1. يصف تأثير قوى التجاذب بين الجزيئية على الذوبان.</p> <p>2. يعرف الذوبانية.</p> <p>3. يدرك العوامل المؤثرة في الذوبانية.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>تقويم بنائي ص 51، 55، 56، 58</p> <p>ماذا قرأت، ص 54</p> <p>تقويم البند، ص 59</p>	<p>عرض عملي ص 54:</p> <p>2 دورق مخروطي سعة 125 ml، 20 g إيثانوات الكالسيوم، 20 g نترات البوتاسيوم.</p> <p>عرض عملي ص 56:</p> <p>إيثانوات الصوديوم، كأس زجاجي سعة 100 ml</p> <p>عرض عملي ص 57:</p> <p>سكر، كأس سعة 250 ml، قطعة خشبية، خيط</p>
<p>2-3 الخواص الجامعة للمحاليل</p> <p>1. يصف الخواص الجامعة.</p> <p>2. يعرف أربع خواص جامعة للمحاليل.</p> <p>3. يحدد الارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمد للمحلول.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>تقويم بنائي ص 62، 64، 65</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 61</p> <p>تقويم البند، ص 66</p> <p>تقويم ختامي</p> <p>مراجعة الفصل، ص 70</p>	<p>المختبر الصغير ص 64: كأس سعة 400 ml، ثلج مجروش، ماء، ترمومتر غير زئبقي، ساق تحريك زجاجي، ملح صخري NaCl.</p> <p>الزمن المقدر: 20 دقيقة</p> <p>مختبر الكيمياء ص 68: كبريتات النحاس II مائية، ماء مقطر، أنبوب اختبار، مخبار مدرج سعة 25 ml، ساق تحريك زجاجية، ماسك أنابيب، حامل أنبوب اختبار، هاون (مدق)، ملعقة، ساعة.</p> <p>الزمن المقدر: 30 دقيقة</p>

2 الفصل

الفكرة العامة

المحاليل في الحياة اليومية قبل البدء بتقديم الفكرة العامة للفصل، اطلب إلى الطلبة رسم المحاليل الموجودة في منازلهم. ستتووع الأمثلة وقد يكون بعض منها الشاي، والقهوة، والمشروبات الغازية. اطلب إلى الطلبة أن يضعوا أسهماً وملصقات لتحديد أجزاء المحاليل المختلفة. يمكن أن يوضح الطلبة أن الشاي يتكوّن من الماء والسكر، وتتكوّن المشروبات الغازية في الأساس من ماء، وسكر، وملونات صناعية. وضح للطلبة أن هذه الأصناف محاليل لأنها تتكوّن من مادتين أو أكثر تحتفظ بصفاتهما الخاصة.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل. المحاليل والسبائك والمخاليط المتجانسة وغير المتجانسة. المركبات الأيونية المركبات التساهمية تحديد عدد المولات والكتلة المولية

الفكرة العامة يوجد المحلول في صورة غاز أو سائل أو صلب اعتماداً على الحالة الفيزيائية للمذيب.

1-2 تركيز المحاليل

الفكرة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بدلالة النسبة المئوية أو المولات.

2-2 العوامل المؤثرة في الذوبان

الفكرة الرئيسية يتأثر تكون المحلول بعوامل، منها الحرارة والضغط والقطبية.

2-3 الخواص الجامعة للمحاليل

الفكرة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد الجسيمات المذابة في المحلول.

حقائق كيميائية

- حوالي 42.3% من الفولاذ المنتج سنوياً يأتي من إعادة التدوير.
- الحديد هو المكون الأساسي للفولاذ، لكن يمكن إضافة عناصر مثل النيكل والمنجنيز والكروم والفاناديوم والتنجستون حسب المواصفات المطلوبة.



فولاذ

نشاط استهلالي

الهدف يقوم الطلبة بالتحقق فيما إذا كانت عملية ذوبان مادتين صلبتين مختلفتين في الماء طاردة للطاقة أم ماصة لها.

احتياطات السلامة اطلب الى الطلبة الاطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. راجع مع الطلبة مخاطر المواد الكيميائية المستعملة في هذا النشاط.

التخلص من النفايات يتم التخلص من المحاليل بوضعها في زجاجات التخلص من النفايات.

استراتيجيات التدريس

- قد يرغب الطلبة في اختبار مواد صلبة أخرى عند الانتهاء من هذا النشاط، ومن المواد الأخرى المقترح تجربتها، ملح أسبوم (كبريتات الماغنيسيوم المائية) وبورات الصوديوم اللامائية. (لا تستعمل البورات المائية).
- يمكن للطلبة استعمال ساق تحريك زجاجية، ومقياس حرارة (ثيرمومتر)؛ وذلك من أجل الحصول على نتائج أكثر دقة.

النتائج المتوقعة

- ترتفع درجة حرارة كلوريد الكالسيوم.
- تنخفض درجة حرارة كلوريد الأمونيوم.
- تنخفض درجة حرارة ملح أسبوم.
- ترتفع درجة حرارة البورات.

نشاط استهلالي

كيف تتغير الطاقة عند تكوين المحاليل؟

تتغير الطاقة عند تكوين المحلول نتيجة تفاعل قوتين: قوة الجذب بين جسيمات كل مادة موجودة في المحلول، وقوة التجاذب بين جسيمات المذاب والمذيب معاً. فكيف يمكن ملاحظة هذا التغير؟



خطوات العمل

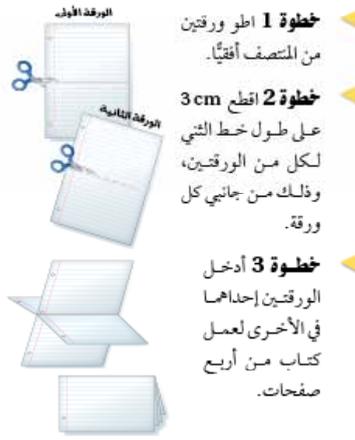
1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. زن 10 g من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl مستعملًا الميزان، ثم ضعها في كأس سعتهما 100 ml.
3. قس 30 ml من الماء باستعمال مخبر مدرج 50 ml، ثم أضف الماء إلى NH_4Cl ، وحرك المحلول بساق التحريك.
4. المس أسفل الكأس من الخارج وسجل ملاحظاتك.
5. كرر الخطوات من 2 إلى 4 باستعمال كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.
6. تخلص من المحاليل بربمها في زجاجات التخلص من النفايات.

تحليل النتائج

1. قارن أي العمليتين السابقتين كانت طاردة للطاقة، وأيهما كانت ماصة لها؟
 2. استنتج اكتب أمثلة على عمليات ذوبان من الحياة اليومية طاردة للطاقة، وأخرى ماصة لها؟
- استقصاء** إذا أردت زيادة التغير في درجة الحرارة، فأيهما يجب إضافته بكمية أكبر: المذاب أم المذيب؟ فسر إجابتك.

المطويات

التركيز اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول تركيز المحاليل.



المطويات

استعمل هذه المطوية مع البند 1-2 في أثناء قراءتك لهذا البند استعمل المطوية لتسجيل ما تعلمته عن طرائق التعبير عن تركيز المحاليل، مضمناً أمثلة على الحسابات.



تحليل النتائج

1. يذوب كلوريد الكالسيوم معطياً طاقة ويذوب كلوريد الأمونيوم ماصاً طاقة.
2. تتنوع الإجابات، وقد تتضمن الكمادات الباردة والحارة المستعملة للأغراض الطبية.

استقصاء

ستتنوع الإجابات. ستؤدي إضافة المذاب، إلى حدٍّ معين، إلى تعبير أكبر في درجات حرارة المحلول.

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

النسبة المئوية والمول أسأل الطلبة ، ما الذي تعنيه علامة الامتحان المئوية؟ **يجب أن يشير الطلبة إلى أن النسبة المئوية توضح نسبة الإجابات الصحيحة التي كتبها الطالب في الامتحان.** وضح للطلبة أن النسبة المئوية للمحلول تعكس بالطريقة نفسها نسبة المذاب الموجودة في المحلول ككل. أرجع الطلبة إلى الشكل 2-1 ثم اسألهم أيًا من الصورتين تمثل محلولًا يحتوي على نسبة مئوية أعلى من المذاب؟ **يحتوي الشاي ذو اللون الغامق على نسبة مئوية أعلى من المذاب ، وبالاتي تركيزه يكون أعلى.** اكتب صيغة النسبة المئوية للكتلة والحجم، ثم أسأل الطلبة أن يحدّدوا ماذا يعتبر استعمال المولارية للتعبير عن تركيز المحلول مثل تركيز الشاي، أو السكر في الماء أفضل؟ **تحتوي المولارية على وحدات قياس تستعمل بسهولة مع مذاب صلب ومذيب سائل.** ناقش مع الطلبة الحاجة إلى تمثيلات متنوعة ؛ للتركيز من أجل استيعاب الحسابات بدقة ومقارنة المواد في المختبر. **ف م**

2-1

الأهداف

- تصف التركيز باستعمال وحدات مختلفة.
- تحدّد تركيز المحاليل.
- تحسب مولارية المحلول.

مراجعة المفردات

المذيب، المادة التي تذيب المذاب لتكوين محلول.

المفردات الجديدة

المادة الذائبة

المادة غير الذائبة

السوائل غير الممتزجة

التركيز

المولارية

المولالية

الكسر المولي

Concentration of Solutions تركيز المحاليل

الفكرة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بالنسبة المئوية أو بالمول.

الربط مع الحياة هل تذوقت يوماً شايًا ووجدته قوي المذاق أو مر الطعم؟ لتعديل الطعم تقوم بإضافة السكر لتحليته أو بإضافة الماء لتخفيفه. وما تقوم به في كلتا الحالتين هو تغيير تركيز الجسيمات المذابة في الماء.

أنواع المحاليل قد يوجد المحلول في صورة غاز أو سائل أو صلب، اعتمادًا على الحالة الفيزيائية للمذيب، كما هو موضح في الجدول 2-1. الهواء محلول غازي والمذيب فيه هو غاز النيتروجين. وقد تكون أسلاك تقويم الأسنان التي تضعها على أسنانك مصنوعة من النيكل، وهو محلول صلب من النيكل في المذيب المائي، إلا أن معظم المحاليل تكون في الحالة السائلة. لقد تعلمت أن التفاعلات تحدث في المحاليل المائية، وهي المحاليل التي يكون فيها الماء مذيبًا. فإلى أي المذيبات شيوخًا في المحاليل السائلة. وقد توجد المحاليل في أشكال مختلفة، وقد تكون المواد الذائبة في المحاليل غازية أو سائلة أو صلبة.

تكوين المحاليل تسمى المادة التي تذوب في المذيب **بالمادة الذائبة**. فمثلًا ذوبان السكر في الماء حقيقة يمكن أن تكون قد تعلمتها من خلال إذابة السكر في الماء لعمل شراب مثل الشاي أو عصير الليمون. وتسمى المادتان السائلتان التي تذوب كل منهما في الأخرى بأي نسبة المواد القابلة للامتزاج، ومنها ما يمنع التجمد المذكور في الجدول 2-1. وتسمى المادة التي لا تذوب في المذيب **مادة غير ذائبة**، ومنها الرمل في الماء، والزيت في الخل. وتسمى السوائل التي تمتزج معًا لفترة قصيرة، وتفصل بعدها السوائل غير الممتزجة، ومنها الزيت والخل.

أنواع المحاليل وأمثلة عليها

الجدول 2-1	أنواع المحاليل وأمثلة عليها		
أنواع المحاليل	مثال	المذيب	المذاب
غاز	الهواء	النيتروجين (غاز)	الأكسجين (غاز)
سائل	ماء غازي	الماء (سائل)	ثاني أكسيد الكربون (غاز)
	ماء البحر	الماء (سائل)	الأكسجين (غاز)
	مادة مخففة لدرجة التجمد	الماء (سائل)	الإيثيلين جلايكول (سائل)
	الخل	الماء (سائل)	حمض الأيثانويك (سائل)
	ماء البحر	الماء (سائل)	كلوريد الصوديوم (صلب)
صلب	ملمغم الأسنان	الفضة (صلب)	الزئبق (سائل)
	الفولاذ	الحديد (صلب)	الكربون (صلب)

2. التدريس تطوير المفهوم

النسب المئوية عرّف الطلبة أن الوحدات المختلفة لتركيز المحاليل عبارة عن نسب. اطلب إلى الطلبة تعريف معنى الكثافة السكانية، وناقش الاختلاف بين أعداد الناس في المدن الكبيرة، والمجتمعات الريفية وذكرهم بأنه من غير الكافي، وصف العدد الكلي للناس فقط، ولكن من المهم أيضاً معرفة المساحة المتوفرة لديهم. ثم اقترح تشابه نسب التركيز مع هذا الوصف، حيث من غير الكافي معرفة كمية المذاب فقط، ولكن من المهم أيضاً معرفة كمية المذيب الموجودة. **دم**



التعبير عن التركيز Expressing Concentration

يعد تركيز المحلول مقياساً يعبر عن كمية المادة الذائبة في كمية محددة من المذيب أو المحلول. ويمكن التعبير عن التركيز وصفيًا باستعمال كلمة مركّز أو مخفف. لاحظ إيريقي الشاي في الشكل 1-2؛ فأحد الإبريقين يحتوي شايًا مركّزًا أكثر من الآخر. وعمومًا يحتوي المحلول المركز كمية كبيرة من المذاب. فالشاي ذو اللون الغامق يحتوي على جسيمات شاي أكثر من الشاي ذي اللون الفاتح، والعكس صحيح؛ إذ يحتوي المحلول المخفف على كمية أقل من المذاب؛ فالشاي ذو اللون الفاتح في الشكل 1-2 محلول مخفف يحتوي على جسيمات شاي أقل من الشاي ذي اللون الغامق.

وعلى الرغم من أن التعبير الوصفي عن التركيز مفيد، إلا أنه غالبًا ما يتم التعبير عن التركيز كميًا. ومن أكثر التعبيرات الكمية عن التركيز شيوعًا النسبة المئوية بالكتلة أو النسبة المئوية بالحجم أو المولارية أو المولالية. وكل هذه الطرائق تعبر عن التركيز بوصفه نسبة بين كمية المذاب وكمية المذيب أو المحلول ككل. ويحتوي الجدول 2-2 وصفًا لكل طريقة.

أي التعبيرات الكمية يجب استعماله للتعبير عن تركيز المحلول؟ يعتمد استعمال التعبير على نوع المحلول الذي يتم تحليله، فإذا كان أحد الكيمائيين مثلاً يعمل على تفاعل في محلول مائي فسوف يستعمل غالبًا المولارية للتعبير عن تركيز المحلول؛ لأنه يحتاج إلى معرفة عدد الجسيمات المشاركة في التفاعل.

الجدول 2-2	
نسب التركيز	وصف التركيز
$\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$	النسبة المئوية بالكتلة
$\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$	النسبة المئوية بالحجم
$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (بالتر)}} \times 100$	المولارية
$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب kg}}$	المولالية
$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{عدد مولات المذاب + عدد مولات المذيب}}$	الكسر المولي

النسبة المئوية بالكتلة هي النسبة بين كتلة المذاب إلى كتلة المحلول، ويعبر عنها بنسبة مئوية. وكتلة المحلول هي مجموع كتل المذاب والمذيب.

المعطيات

أدخل معلومات من هذا البند في مطويتك.

$$\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100 = \text{النسبة المئوية بالكتلة}$$

النسبة المئوية بالكتلة تساوي كتلة المذاب مقسومة على كتلة المحلول الكلية ومضروبة في 100

مثال 2-1

حساب النسبة المئوية بالكتلة للمحافظة على تركيز كلوريد الصوديوم NaCl في حوض الأسماك، كما هو في ماء البحر، يجب أن يحتوي حوض الأسماك على 3.6 g NaCl لكل 100 ماء. ما النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الصوديوم NaCl في المحلول؟

تحليل المسألة

إن كتلة كلوريد الصوديوم في 100g ماء معروفة. والنسبة المئوية بالكتلة هي نسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول التي هي مجموع كتل المذاب والمذيب معاً.

المطلوب
النسبة المئوية = ؟

المعطيات
كتلة المذاب = 3.6 g NaCl
كتلة المذيب = 100 g H₂O

حساب المطلوب

جد كتلة المحلول

كتلة المحلول = كتلة المذاب + كتلة المذاب

عوض عن كتلة المذاب = 6.6 g، وكتلة المذيب = 100.0 g

$$\text{كتلة المحلول} = 100.0 \text{ g} + 3.6 \text{ g} = 103.6 \text{ g}$$

احسب النسبة المئوية بالكتلة

اكتب معادلة النسبة المئوية بالكتلة

$$\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100 = \text{النسبة المئوية بالكتلة}$$

$$\frac{3.6 \text{ g}}{103.6 \text{ g}} \times 100 = 3.5\% = \text{النسبة المئوية بالكتلة}$$

عوض عن كتلة المذاب = 3.6 g، وكتلة المحلول = 103.6 g

تقويم الإجابة

تكون النسبة المئوية بالكتلة قليلة؛ لأن كتلة كلوريد الصوديوم الذائبة في 100 ماء قليلة.

مسائل تدريبية

1. ما النسبة المئوية بالكتلة لمحلول يحتوي على 20.0 g من NaHCO₃ مذابة في 600.0 ml من H₂O إذا علمت أن كثافة الماء تساوي 1g/ml؟
2. إذا كانت النسبة المئوية بالكتلة لهيبوكلورات الصوديوم NaOCl في محلول مبيض الملابس هي 3.62%، وكان لديك 1500.0 g من المحلول فما كتلة NaOCl الموجودة في المحلول؟
3. ما كتلة المذيب في المحلول المذكور في السؤال 2؟
4. محمد كانت النسبة المئوية لكتلة كلوريد الكالسيوم في محلول هي 2.62%، فإذا تم استهلاك 50.0 g من كلوريد الكالسيوم فما كتلة المحلول؟

مثال في الصف

سؤال تحتوي عينة من الفيتامينات المركبة، كتلتها 650mg، على 1.0mg من حمض الفوليك. ما النسبة المئوية لكتلة حمض الفوليك في الفيتامين؟

الإجابة

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المذيب}} \times 100 \\ &= \frac{1.0 \text{ mg}}{650 \text{ mg}} \times 100 \\ &= 0.15\% \end{aligned}$$

مسائل تدريبية

1. 3%
2. 54.3 g
3. 1445.7g
4. 1886.79 g

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى دع الطلبة يقوموا بلعب أدوار تركيز المحلول، وقم بوضع شريط لاصق على شكل مربع كبير على الأرض يمثل كمية المذيب. اطلب إلى ثلاثة طلبة الوقوف داخل المربع، ثم اسمح لثلاثة آخرين بالدخول إلى المربع، واطلب إلى الطلبة وصف ما حدث للقيمة العددية لتركيز المحلول. كرر المقارنة مع ثلاثة آخرين، ولكن مع تصغير مساحة المربع ثم اسأل الطلبة ماذا حدث لقيمة التركيز؟ **دم**

تطوير المفهوم

النسب المئوية راجع المعادلتين المتعلقةتين بالنسب المئوية لكل من الحجم والكتلة في كتاب الطالب. ذكّر الطلبة في أثناء حل مسائل النسب المئوية للكتلة والحجم باختلاف المهم في كون الوحدات المستعملة للتعبير عن كميات المحلول مختلفة. **دم**

ماذا قرأت؟ النسبة المئوية بالكتلة هي مقارنة بين كتلة المذاب إلى الكتلة الكلية للمحلول، بينما النسبة المئوية بالحجم هي مقارنة بين حجم المذاب والحجم الكلي للمحلول.

مسائل تدريبية

5. 18%
6. 2.1%
7. 120 ml

عرض عملي

الحجم بين للطلبة أنّ الحجم الكلي للمحلول لا يساوي حاصل جمع حجمي السائلين المنفصلين عند مزجها معا. امزج 50.0ml من كحول مع 50.0ml من الماء في مخبر مدرج سعته 100ml، ودع الطلبة يلاحظوا حجم المحلول الناتج. ستلاحظ أن الحجم الكلي الناتج أقل من 100ml. اطلب إلى الطلبة حساب النسبة المئوية لحجم المحلول اعتماداً على حجم المحلول المقاس عملياً. يمكن التخلص من المحلول بوضعه في ماء جار عند الانتهاء من العرض.

ض م

ماذا قرأت؟ التركيز المولاري هو 0.5M



الشكل 2-2 الديزل الحيوي هو وقود بديل ينتج من مصادر متجددة مثل الزيت النباتي.

النسبة المئوية بالحجم تصف عادة المحاليل التي يكون فيها المذيب والمذاب في الحالة السائلة. والنسبة المئوية بالحجم هي النسبة بين حجم المذاب إلى حجم المحلول، ويعبر عنها بنسبة مئوية. وحجم المحلول هو مجموع حجم المذاب والمذيب معا. إن حسابات النسبة المئوية بالحجم تشبه حسابات النسبة المئوية بالكتلة.

$$\text{النسبة المئوية بالحجم} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

النسبة المئوية بالحجم تساوي حجم المذاب مقسوماً على حجم المحلول مضروباً في 100

يعد الديزل الحيوي الموضح في الشكل 2-2 وقوداً بديلاً لنظيف الاحتراق، ينتج عن مصادر متجددة، ويستعمل في محركات الديزل مع القليل من التعديلات. والديزل الحيوي سهل الاستعمال وقابل للتحلل الحيوي، وغير سام، ولا يحتوي على الكبريت أو المركبات الأروماتية (العطرية)، كما أنه لا يحتوي على النفط، ولكن يمكن مزجه مع ديزل "النفط" لتكوين الديزل الحيوي الممزوج.

ماذا قرأت؟ قارن بين النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم.

مسائل تدريبية

5. ما النسبة المئوية بالحجم للإيثانول في محلول يحتوي على 5 ml إيثانول مذاب في 155 ml ماء.
6. ما النسبة المئوية بالحجم لكحول أيزوبروبيل، في محلول يحتوي على 24 ml من كحول الأيزوبروبيل في 1.1 L من الماء؟
7. تحدد إذا استعمل 18 ml من الميثانول لعمل محلول مائي تركيزه 15% من الميثانول بالحجم، فما حجم المحلول الناتج بالمليتر؟

المولارية (التركيز المولاري) إن النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم طريقتان من طرائق التعبير الكمي عن تركيز المحلول. ومن أكثر الوحدات شيوعاً المولارية. والمولارية M هي عدد مولات المذاب الذائبة في لتر من المحلول، وتعرف أيضاً بالتركيز المولاري، فتركيز لتر من محلول يحتوي على مول من المذاب هو 1.0M، كما أن تركيز لتر من المحلول يحتوي على 0.1 mol من المذاب هو 0.1 M. ولحساب مولارية المحلول يجب معرفة حجم المحلول باللتر وعدد مولات المذاب.

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} = M$$

المولارية هي عدد مولات المذاب مقسومة على حجم المحلول باللتر.

ماذا قرأت؟ حدّد التركيز المولاري لمحلول حجمه 1.0 L، ويحتوي 0.5 mol من المذاب؟

دفتر الكيمياء

مقارنة التركيز اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بوحدات التركيز المرتبطة بالمواقف المنزلية واليومية. قد تتضمن جرعات الدواء مثلاً وحدات mg/kg (قارن جرعات الأطفال مع جرعات الكبار من أدوية السعال)، والنسبة المئوية لفوق أكسيد الهيدروجين (قارن المطهر مع فوق أكسيد الهيدروجين المستعمل في مبيضات الشعر)، وعصير البرتقال المركز، أو المبيدات الحشرية، (قارن الأشكال المركزة والمخففة منها). **ض م**

مثال في الصف

سؤال أذاب طالب 2.75 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء لتحضير محلول حجمه 250 ml ، ما مولارية هذا المحلول إذا علمت أن الكتلة المولية لـ NaOH هي 40g /mol ؟

الإجابة

$$\text{mol NaOH} = 2.75 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}}$$

$$= 0.07 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{حجم المحلول باللتر} = 250 \text{ ml} \times \frac{1\text{L}}{100\text{ml}}$$

$$= 0.25 \text{ L}$$

$$\text{Molarity (M)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$= \frac{0.07 \text{ mol NaOH}}{0.25 \text{ L}}$$

$$= 0.28\text{M}$$

الرياضيات في الكيمياء

عدد المولات مقابل الحجم اطلب إلى الطلبة حساب القيم المفقودة في الجدول الآتي لمحلول Na_2SO_4 تركيزه 0.149M

الحجم (ml)	عدد المولات	الكتلة (g)
250	0.0373	5.29
525	0.0782	11.1
675	0.101	14.3
837	0.125	17.7
2850	0.425	60.4

استعمل حاسبة الرسوم البيانية ، وأدخل قيم عدد المولات في قائمة واحدة ، وقيم حجم المحلول باللتر في قائمة أخرى. ارسم بيانياً عدد المولات مقابل الحجم باللتر وصل النقاط ؛ للحصول على أفضل خط مستقيم ، واستعمل دالة الانحدار الخطي في الحاسبة ؛ لتحديد معادلة الخط المستقيم الناتج. اسأل الطلبة ، ماذا يعني ميل الخط المستقيم؟ **الميل يساوي المولارية. ضم**

مهن في الكيمياء

فنيو الصيدلانية يعتمد الكثير من الصيادلة على الفينين لتحضير الأدوية المناسبة للوصفات الطبية. يقرأ هؤلاء الفينين تحاليل وتقارير المريض والوصفات الطبية من أجل تحضير التركيز المناسب أو الجرعة المناسبة من الأدوية التي ستعطى للمريض. ولزيد من المعلومات عن المهن الكيميائية يمكنك الرجوع إلى الموقع www.obelkaneducation.co

مثال 2-2

حساب المولارية يحتوي 100.5 ml من محلول حقن الوريد على 5.10 g سكر الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. فما مولارية هذا المحلول إذا علمت أن الكتلة المولية (MM) للجلوكوز هي 180.16g /mol ؟

تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة الجلوكوز الذائبة في حجم من الماء، ومولارية المحلول هي النسبة بين عدد مولات المذاب لكل لتر من المحلول.

المطلوب

تركيز المحلول = M ؟

كتلة المذاب = 5.10 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

الكتلة المولية (MM) للجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ = 180.16 g/mol

حجم المحلول = 100.5 ml

حساب المطلوب

احسب عدد مولات $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

اضرب كتلة $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

في الكتلة المولية

$$\frac{5.10 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180.16 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times 1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 0.0283 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

وحول حجم H_2O إلى وحدة لتر

$$\text{اكتب معادلة المولارية} \quad 0.1005 \text{ L من المحلول} = 100.5 \text{ ml من المحلول} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$$

$$\text{عوض عن عدد مولات المذاب} \quad 0.0282 \text{ mol} = M \times \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (بالتر)}} \quad \text{وحجم المحلول} = 0.1005 \text{ L}$$

$$M = \frac{0.0282 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ L من المحلول}} = 0.282\text{M}$$

اظم الأرقام والوحدات

تقويم الإجابة

ستكون قيمة المولارية قليلة، لأن كتلة الجلوكوز الذائبة في المحلول قليلة.

مسائل تدريبية

8. ما مولارية محلول مائي يحتوي على 40.0 g من الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ في 1.5 L من المحلول؟

9. احسب مولارية 1.60 L من محلول يحتوي على 1.55 g من المذاب KBr.

10. ما مولارية محلول مبيض ملابس يحتوي على 9.5 g من NaOCl لكل لتر من المحلول؟

11. تحدد ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 بوحدة g اللازمة لإنتاج 1.5 L من محلول تركيزه 0.25 M ؟

مسائل تدريبية

8. 0.148 M

9. $8.13 \times 10^{-3} \text{ M}$

10. 0.128 M

11. 28 g

دفتر الكيمياء

المحاليل الوريدية محاليل الحقن عن طريق الوريد مهمة في الطب لمساعدة استقرار مستوى السوائل ومحاليل المواد المتأينة للمريض. ويعتبر محلول كلوريد الصوديوم والجلوكوز من المحاليل الأكثر استعمالاً. اطلب إلى الطلبة البحث عن أسباب استعمال المؤسسات الطبية النسبة المئوية، لبيان التركيز بدلاً من المولارية، ثم اطلب إليهم تحديد مولارية الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ذي التركيز 5% بالكتلة. وإذا كان تركيز كيس من محلول ملحي NaCl كتلته 500.0 g يساوي 0.85% بالكتلة، ما مولارية المحلول؟ يجب وضع طريقة الحل في دفتر الطالب. **ضم**

■ **إجابة سؤال الشكل 3-2** تشغل كبريتات النحاس حجماً يؤدي إلى زيادة حجم المحلول.

مسائل تدريبية

12. 11g

13. 11g

14. 3.0×10^1 g

15. 0.87ml

عرض عملي



التخفيف قبل البدء في تقديم الدرس، استعمل محلول قياسي ملوّن من محاليل مائيّة مثل كبريتات النحاس II، أو نترات النيكل II، أو ملوّن الطعام، وقم بتحضير أربعة محاليل بتركيز معروفة. أضف من 15 ml إلى 20ml تقريباً من كل محلول إلى أربعة أنابيب اختبار، وربّها على حامل الأنابيب تنازلياً حسب التركيز.

تحذير: كبريتات النحاس II سامة. اعرض المحاليل أمام الطلبة، واسألهم: ماذا سيحدث للونها عندما يقلّ التركيز. ضع كميةً ماثلةً من محلول مجهول التركيز، واطلب إلى الطلبة تحديد التركيز التقريبي لهذا المحلول باستعمال الأنابيب المعروفة التركيز، وذلك بمقارنة لون المحلول بألوان الأنابيب. فسّر للطلبة أن الكيميائيين قاموا بصناعة أجهزة لقياس الألوان، مثل مقياس الألوان ومقياس الطيف الضوئي، التي تعتمد على اللون لقياس التركيز. وعند الانتهاء من العرض بخرّ الماء، واحتفظ بالبلورات لاستعمالها مرة أخرى. **ض م**



خطوة 1 تقاس كتلة المذاب. **خطوة 2** يضاف المذاب إلى قارورة حجمية مناسبة. **خطوة 3** يضاف الماء المنطهر إلى المذاب حتى يصل مستوى المحلول إلى العلامة المحددة.

الشكل 3-2 يشمل تحضير محلول كبريتات النحاس بدقة عدة خطوات. **الغرض** لماذا لا يمكنك وضع 375g من كبريتات النحاس مباشرة في 1.0 L من الماء للحصول على محلول تركيزه 1.5 M؟

تحضير المحاليل القياسية الآن وبعد أن أصبحت تعرف كيفية حساب مولارية المحلول، كيف يمكنك تحضير محلول مائي حجمه 1 L وتركيزه 1.50 M من كبريتات النحاس II المائية $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ؟ يحتوي محلول $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ الذي تركيزه 1.5 M على 1.5 mol مذابة في 1 L من المحلول. فإذا عرفت أن الكتلة المولية للمركب $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ هي 249.70g، وأن المحلول يحتوي 1.50 mol من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ كتلتها 375g وهي كتلة يمكن قياسها بالميزان.

$$\frac{1.50 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L من المحلول}} \times \frac{249.7 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{375 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L من المحلول}}$$

ولكن لا يمكنك إضافة 375g من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ إلى 1.0 L من الماء للحصول على محلول تركيزه 1.5 M ومثل المواد الأخرى تعمل $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ على زيادة حجم المحلول عن الحجم المطلوب. لذلك يجب استعمال كمية من الماء تقل عن 1.0 L للحصول على 1.0 L من المحلول، كما هو موضح في الشكل 3-2.

وعادة تقوم بعمل تجارب تتطلب استعمال كميات صغيرة من المحلول. قد تحتاج مثلاً إلى 100 ml من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ لإجراء إحدى التجارب. ارجع إلى تعريف المولارية مرة أخرى، ومن خلال الحسابات السابقة، يحتوي محلول $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ الذي تركيزه 1.50 M على 1.50 mol $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ لكل لتر من المحلول، لذلك يحتوي 1 L من المحلول على 375g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

يمكن استعمال هذه العلاقة بوصفها معامل تحويل لحساب كمية المذاب اللازمة لتجربتك.

$$100 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{375 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ L من المحلول}} = 37.5 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

لذلك تحتاج إلى قياس 37.5g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ لعمل 100 ml من محلول تركيزه 1.5 M.

مسائل تدريبية

12. ما كتلة CaCl_2 الذاتية في 1 L من محلول تركيزه 0.10 M؟

13. ما كتلة CaCl_2 اللازمة لتحضير 500.0 ml من محلول تركيزه 0.20 M؟

14. ما كتلة NaOH الموجودة في 250 ml من محلول تركيزه 3.0 M؟

15. تحدّد ما حجم الإيثانول الموجود في 100.0 ml من محلول تركيزه 0.15 M؟ إذا علمت أن كثافة الإيثانول هي 0.7893 g/ml



الأداء اطلب من كل طالب أو طالبين تخفيف محلول قياسي، وأعطهم ملف بطاقات يحتوي المعلومات الآتية:

اسم المحلول، تركيز المحلول القياسي، التركيز النهائي، الحجم النهائي.

دع الطلبة يستعملوا محاليل مَحْضرة من ملونات الطعام والماء تطابق المحلول القياسي، مثل: محلول اللون الأصفر يطابق محلول كرومات البوتاسيوم الذي تركيزه 0.250 M، ومحلول اللون الأخضر ليطابق نترات النيكل II وتركيزها 0.355 M، ومحلول اللون الأزرق ليطابق إيثانوات النحاس II وتركيزها 0.175 M، ومحلول اللون الأزرق والأحمر ليطابق نترات الكروم III، وتركيزها 0.865 M.

يستطيع الطلبة استعمال الدوارق الحجمية أو المخبار المدرج؛ اعتماداً على مستوى مهاراتهم المختبرية. زود الطلبة بالأدوات، والأوعية المناسبة لتحضير المحاليل، ثم اطلب إليهم تقديم وصف كامل للحسابات والخطوات التي اتبعوها في عملية

تحضير المحاليل. **ض م**



الشكل 2-4 يمكن تخفيف المحلول المركز بإضافة كمية من المذيب. لاحظ أن عدد مولات المذاب لا يتغير عند تخفيف المحلول المركز.

تخفيف المحاليل المولارية تستعمل في المختبر محاليل لها مولارية قياسية تسمى المحاليل القياسية، ومنها محلول حمض الهيدروكلوريك HCl الذي تركيزه 12 M. تذكر أن المحاليل المركزة تحتوي على كمية كبيرة من المذاب. ويمكنك تحضير محلول أقل تركيزاً عن طريق تخفيف كمية من المحلول القياسي بإضافة المذيب. وعندما تصيف المذيب تزيد عدد جسيماته التي تتحرك خلالها جسيمات المذاب، كما هو موضح في الشكل 2-4، ومن ثم يقل تركيز المحلول.

كيف يمكنك تحديد حجم المحلول القياسي اللازم تخفيفه؟ إذا أعدت ترتيب تعبير المولارية يمكنك حساب عدد مولات المذاب.

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (بالتر)}} \quad M = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{عدد مولات المذاب} = \text{المولارية} \times \text{حجم المحلول بالتر}$$

حيث إن عدد مولات المذاب لا تتغير بالتخفيف فإن عدد مولات المذاب في المحلول قبل التخفيف يساوي عدد مولات المذاب بعد التخفيف.

وبالتعويض عن عدد مولات المذاب بالمولارية مضروبة في حجم المحلول بالتر، يمكن التعبير عن هذه العلاقة في معادلة التخفيف الآتية:

معادلة التخفيف

$$M = \text{المولارية}$$

$$V = \text{الحجم}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

إن حاصل ضرب المولارية لمحلول قياسي في حجم معين منه قبل التخفيف يساوي حاصل ضرب المولارية للمحلول في حجم معين منه بعد التخفيف.

تمثل كل من M_1 و V_1 المولارية وحجم المحلول القياسي. وتمثل كل من M_2 و V_2 المولارية والحجم للمحلول المخفف. يحتوي المحلول المركز قبل التخفيف على نسبة عالية من جسيمات المذاب بالنسبة لجسيمات المذيب، لاحظ أن هذه النسبة تقل بعد إضافة كمية أخرى من المذيب.

مشروع الكيمياء

الملوثات المسموحة دع مجموعات من الطلبة يبحثوا عن الحدود المسموح بها من قبل جمعيات حماية البيئة لمختلف أنواع الملوثات الموجودة في ماء الشرب. قد لا تتشابه الحدود المحليّة، والحدود الدوليّة. دع الطلبة يقارنوا بين المناطق المختلفة من حيث القوانين، ويحتموا أسباب اختلافها. **ض م**

تخفيف المحلول القياسي إذا كنت تعرف حجم وتركيز المحلول المطلوب تخفيفه يمكنك حساب حجم المحلول القياسي الذي تحتاج إليه. ما الحجم اللازم بالملترات لتحضير محلول من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 تركيزه 0.300 M وحجمه 0.5 L ، إذا كان تركيز محلوله القياسي 2.00 M ؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت مولارية محلول قياسي من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 والمولارية والحجم للمحلول بعد التخفيف، وباستعمال العلاقة بين المولارية والحجم يمكن إيجاد حجم المحلول القياسي اللازم بالتر ثم تحويله إلى ملتر.

المعطيات
 $M_1 = 2.00\text{ M CaCl}_2$
 $M_2 = 0.300\text{ M}$
 $V_2 = 0.50\text{ L}$

المطلوب
 $V_1 = ?\text{ ml}$

2 حساب المطلوب

حل العلاقة المولارية والحجم لإيجاد حجم المحلول القياسي V_1
 اكتب معادلة التخفيف

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = V_2 \left(\frac{M_2}{M_1} \right)$$

$$V_1 = (0.50\text{ L}) \left(\frac{0.300\text{ M}}{2.00\text{ M}} \right)$$

$$V_1 = (0.50\text{ L}) \left(\frac{0.300\text{ M}}{2.00\text{ M}} \right) = 0.075\text{ L}$$

$$V_1 = (0.075\text{ L}) \left(\frac{1000\text{ ml}}{1\text{ L}} \right) = 75\text{ ml}$$

عوض $V_2 = 0.50\text{ L}$ ، $M_2 = 0.300\text{ M}$ ، $M_1 = 2.00\text{ M}$

اضرب واقسم الأرقام والوحدات

حول إلى ملتر باستعمال معامل التحويل $1000\text{ ml}/1\text{ L}$

قس 75 ml من مخزون المحلول، ثم خففه بكمية الماء اللازمة للحصول على الحجم النهائي 0.5 L

3 تقويم الإجابة

تم حساب الحجم V_1 حول إلى ملترات. ويجب أن يكون أقل من الحجم النهائي للمحلول المخفف V_2 ، وهو من معطيات المسألة.

مسائل تدريبية

- 16. ما حجم محلول قياسي من KI تركيزه 3.00 M اللازم لتحضير محلول KI تركيزه 1.25 M وحجمه 0.300 L ؟
- 17. ما حجم محلول قياسي من H_2SO_4 تركيزه 0.50 M بالملترات اللازم لتحضير 100.0 ml من محلول H_2SO_4 بتركيز 0.25 M ؟
- 18. تحدّد إذا خُفّف محلول قياسي من HCl تركيزه 5 M وحجمه 0.5 L إلى حجم 2 L ، فما كتلة HCl الموجودة في المحلول؟

مثال في الصف

سؤال إذا استعمل طالب 75 ml من محلول قياسي مركز من HCl لتحضير محلول تركيزه 0.50 M وحجمه 1.5 L . فما تركيز المحلول القياسي؟

الاجابة

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_1 = 0.50\text{ M} \left(\frac{1.5\text{ L}}{0.075\text{ L}} \right)$$

$$= 10.0\text{ M}$$

مسائل تدريبية

- 16. 125 ml
- 17. 5.0 ml
- 18. 91.15 g

التفريز

وحدات التركيز يخلط الطلبة بين مفهومي المولارية والمولالية في العادة. لذا اطلب إلى الطلبة إعداد جدول بعمودين، ووضع المفهومين عناوين للأعمدة، ثم القيام بكتابة تعريف كل مفهوم، والمعادلة المستعملة لحساب كل منهما، وأسباب استعمال كل من التعبيرين. **ف م**

التقويم

المهارة عين لكل طالب سؤالاً من أسئلة نهاية الفصل، أو من المسائل التدريبيّة. **ض م**

مثال في الصف

سؤال في إحدى التجارب تم إضافة 3.2 g من هيدروكسيد الكالسيوم Ca(OH)_2 إلى 1.0 kg من الماء. ما مولالية المحلول الناتج؟ إذا علمت أن الكتلة المولية ل Ca(OH)_2 تساوي 74.093 g/mol.

الإجابة

$$\text{mol (عدد المولات)} = \frac{3.2 \text{ g}}{74.093 \text{ g/mol}} = 0.043 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{مولات المذاب} \\ \text{كتلة المذيب} \\ \text{مولية (m')} &= \frac{0.043 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1.0 \text{ kg H}_2\text{O}} \\ &= 0.043 \text{ mol/kg} \end{aligned}$$

مسائل تدريبية

19. 0.0704 m°

20. 171 g

المولالية (التركيز المولالي) يتغير حجم المحلول عند تغير درجة الحرارة، فيتمدد أو يتقلص، مما يؤثر في مولارية المحلول. ولا تتأثر الكتلة بدرجات الحرارة، لذا من المفيد أحياناً التعبير عن تركيز المحاليل بعدد مولات المذاب الموجودة في كتلة معينة من المذيب. ويسمى مثل هذا التعبير **المولالية** ويرمز له بالرمز m° وهي نسبة عدد مولات المذاب الذائبة في 1 kg من المذيب. ويكون تركيز المحلول الذي يحتوي على 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب 1 m° (محلول مولالي).

$$\text{المولالية} \\ \text{المولالية } \text{m}^{\circ} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب kg}} \\ \text{مولالية المحلول تساوي عدد مولات المذاب مقسومة على كتلة المذيب kg.}$$

مثال 2-4

حساب المولالية أضاف طالب في إحدى التجارب 4.5 g من كلوريد الصوديوم إلى 100.0 g من الماء. احسب مولالية المحلول.

تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة المذيب والمذاب. حدد عدد مولات المذاب، ثم احسب المولالية.

المعطيات
كتلة الماء $\text{H}_2\text{O} = 100.0 \text{ g}$
كتلة كلوريد الصوديوم $\text{NaCl} = 4.5 \text{ g}$

المطلوب
 $\text{m}^{\circ} = ? \text{ mol/kg}$

حساب المطلوب

احسب عدد مولات NaCl
حول كتلة H_2O من جرامات إلى كيلوجرامات باستعمال معامل التحويل $1 \text{ kg} / 1000 \text{ g}$

$$4.5 \text{ g NaCl} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.44 \text{ g NaCl}} = 0.077 \text{ mol NaCl}$$

$$100.0 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ kg H}_2\text{O}}{1000 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}$$

عوض بالمعطيات في معادلة المولالية.

اكتب معادلة المولالية

$$\text{المولالية (m')} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب kg}}$$

عوض عن عدد مولات المذاب 0.077 mol NaCl وكتلة المذيب بالكيلوجرامات $0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}$

$$\text{m}^{\circ} = \frac{0.077 \text{ mol NaCl}}{0.1000 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0.77 \text{ mol/kg}$$

تقويم الإجابة

هناك أقل من 1/10 mol من المذاب في 1/10 Kg من الماء، لذا ستكون المولالية أقل من واحد، وهي كذلك.

مسائل تدريبية

19. ما مولالية محلول يحتوي على 10.0 g Na_2SO_4 ذائبة في 1000.0 ماء؟

20. تحدد ما كتلة Ba(OH)_2 بالجرامات اللازمة لتحضير محلول مائي تركيزه 1.00 m° ؟

التنوع الثقافي

5 ppm (5 أجزاء من المليون) في مياه الشرب تمنع تآكل المينا في الفم. وتحتوي مياه الشرب في بعض المناطق من العالم على هذا المستوى من الفلوريد بصورة طبيعية، إلا أن كمية كبيرة من الفلور غير صحيحة؛ حيث إن زيادة كمية الفلوريد في مياه الشرب قد تجعل الأسنان أكثر بياضاً. أسأل الطلبة لماذا تحدث هذه العملية بصورة أكبر في المناطق الحارة،

الفلور في الماء أثبتت الأبحاث وجود علاقة بين توفر أيونات الفلور في مياه الشرب، وقلّة تسوّس الأسنان. تتكون التجاويف في الأسنان عندما تتخمر السكريات في الفم مكونة حمض اللاكتيك الذي يتفاعل مع مينا السن مسبباً ذوبانها. وقد وجد أن إضافة الفلور بكمية أقل من 5 mg من الفلورايد لكل kg من ماء الشرب، أو ما يعادل

3. التقويم

التحقّق من الفهم

وزّع الصف مجموعات خماسية وحدّد لكلّ طالب في المجموعة مهمّة إيجاد الآتي: المولارية، والمولالية، والكسر المولي، والنسبة المئوية للمحلول. على كلّ طالب حلّ المسألة المعطاة، ثم شرح الحلّ لبقية أعضاء المجموعة. **ض م ت ت**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة إعداد مخطّط يدرج الخطوات اللازمة؛ لتحديد التركيز باستعمال كلّ وحدة من وحدات هذا الفصل، ثم حلّ المسائل الآتية باستعمال وحدتين على الأقل: إذابة 115.g من حمض الأسيتيك HC₂H₃O₂ في 1500 ml من الماء. تذكّر أنّ كتلة كلّ ml من الماء تساوي 1g، لذا ذكر الطلبة بضرورة الانتباه الشديد للوحدات. **ض م**

التوسّع

أجزاء المليون قارن وحدات تركيز المحلول بالوحدات البيئية المستعملة، جزء من مليون (ppm) والتي تعادل 1mg/L، ثم احسب مولارية، ومولالية محلول من البنزين C₆H₆ تركيزه 5ppm **ض م ف م** $.6.4 \times 10^{-5} \text{ M}; 0.064 \text{ m}^{\circ}$

مسائل تدريبية

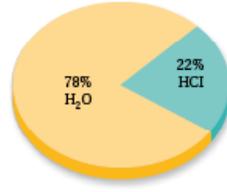
21. 0.118

22. 43.8%

العامة أمراً إجبارياً من الناحية الطبية. ناقش أسباب اعتراض الناس على إضافة الفلورايد على الرغم من فوائده في تقليل تآكل الأسنان. قد تتضمن بعض الأسباب الجرعات الزائدة، وحالات التسمم، أو حساسية التعرض للفلورايد من خلال معجون، أو غسول الفم.

أو المناطق التي يستهلك فيها الناس المياه بكميات كبيرة؟ تتفاوت كميات الفلورايد المضافة لمياه الشرب من منطقة لأخرى ومن بلد لآخر. ولا تزال الآراء تختلف في موضوع إضافة مستويات منخفضة من الفلورايد إلى مياه الشرب في الكثير من الدول. كما يعتبر الكثير من الناس أن إضافة أيونات الفلور إلى مياه الشرب

محلل حمض الهيدروكلوريك



$$X_{\text{HCl}} + X_{\text{H}_2\text{O}} = 1.00$$

$$0.22 + 0.78 = 1.00$$

الشكل 2-5 يشير الكسر المولي إلى عدد مولات المذاب والمذيب بالنسبة إلى عدد المولات الكلي في المحلول. ويمكن النظر إلى الكسر المولي كنسبة مئوية.

الكسر المولي إذا عرفت عدد مولات المذاب والمذيب أمكنك التعبير عن تركيز المحلول بما يعرف بالكسر المولي، وهو نسبة عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول إلى عدد المولات الكلية للمذاب والمذيب. يستعمل الرمز X عادة للكسر المولي مع الإشارة بخط صغير إلى المذيب والمذاب. ويمكن التعبير عن الكسر المولي للمذاب X_A والكسر المولي للمذاب X_B كما يأتي:

الكسر المولي

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

X_A و X_B يمثلان الكسر المولي لكل مادة. n_A و n_B يمثلان عدد مولات كل مادة.

يساوي الكسر المولي عدد مولات المذاب في المحلول مقسوماً على العدد الكلي لعدد مولات المذاب والمذيب.

فعل سبيل المثال: يحتوي 100 g من محلول حمض الهيدروكلوريك على 36 g HCl و 64 g H₂O، كما هو موضح في الشكل 2-5. ولتحويل هذه الكتل إلى مولات عليك استعمال الكتل المولية ومعامل التحويل.

$$n_{\text{HCl}} = 36 \text{ g HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}} = 0.99 \text{ mol HCl}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 64 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.0 \text{ g H}_2\text{O}} = 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}$$

الكسر المولي لكل من الماء وحمض الهيدروكلوريك كما يأتي:

$$X_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0.99 \text{ mol HCl}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.22$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{HCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{3.6 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.99 \text{ mol HCl} + 3.6 \text{ mol H}_2\text{O}} = 0.78$$

مسائل تدريبية

21. ما الكسر المولي ل NaOH في محلول مائي يحتوي على 22.8% بالكتلة من NaOH؟

22. تحدّد إذا كان الكسر المولي لحمض الكبريتيك H₂SO₄ في محلول مائي يساوي 0.125، فما النسبة المئوية بالكتلة لحمض الكبريتيك؟

التقويم 2-1

الخلاصة

- يقاس التركيز كماً ونوعاً.
- المولارية هي عدد مولات المذاب في 1.0 L من المحلول.
- المولالية هي نسبة عدد مولات المذاب في 1.0 kg من المذيب.
- لا يتغير عدد مولات المذاب خلال التخفيف.
- 23. **العنق النسبية** قارن بين خمس طرائق للتعبير عن تراكيز المحاليل.
- 24. اشرح التشابه والاختلاف بين 1M من محلول NaOH و 1m³ من محلول NaOH.
- 25. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الصوديوم في علبه حساء الدجاج إذا احتوت على 450 mg كلوريد الصوديوم في 240.0 g من الحساء.
- 26. أوجد كتلة كلوريد الأمونيوم NH₄Cl بالجرامات اللازمة لتحضير محلول مائي حجمه 2.5 L وتركيزه 0.5 M.
- 27. لخص الخطوات العملية لتحضير محلول مخفف بحجم معين من المحلول القياسي المركز.

التقويم 2-1

- 23. تعتمد المولارية والمولالية والكسر المولي على عدد مولات المذاب بالنسبة لكمية أخرى، وتعرف كل من النسبة المئوية والمولارية للحجم على أساس حجم المحلول. في حين تعتمد المولالية، والكسر المولي على كمية المذيب. وتبقى النسبة المئوية للحجم، والكتلة هما الوحيدتان اللتان تتضمنان النسبة المئوية.
- 24. يحتوي كلا المحلولين على مذاب هو NaOH، ومذيب هو الماء، ويحتوي المحلول الذي تركيزه 1m³ على 1mol من NaOH لكل 1Kg ماء، ويحتوي المحلول الذي تركيزه 1M على 1 mol من NaOH لكل لتر (L) من المحلول.
- 25. 0.19%
- 26. 66.86 g من NH₄Cl
- 27. احسب حجم المحلول القياسي اللازم، وأضفه إلى الدورق القياسي، ثم أضف الماء إلى أن تصل إلى العلامة المطلوبة على الدورق القياسي.

- تصف تأثير قوى التجاذب الجزيئية على الذوبان.
- تعرف الذوبانية.
- تعرف العوامل المؤثرة في سرعة الذوبانية.

مراجعة المفردات

طارد للحرارة، التفاعل الكيميائي الذي يعطي طاقة أكثر مما يحتاج ليكسر الروابط في المواد المتفاعلة.

مفردات جديدة

- الذوبان
- حرارة المحلول
- المحلول غير المشبع
- المحلول المشبع
- المحلول فوق المشبع
- قانون هنري

العوامل المؤثرة في الذوبان

Factors Affecting Solvation

الفكرة الرئيسية يؤثر كل من الحرارة والضغط والقطبية في تكوين المحاليل.

الربط مع الحياة عند تحضير حساء من خليط جاف فإنك تضيف الماء البارد إلى الخليط ثم تحركه، وسوف تلاحظ أن كمية قليلة من المسحوق ذابت في البداية، وبعد تسخينه وتحريكه مرة أخرى نجد أن المسحوق قد ذاب وأصبح لديك حساء متاسكاً.

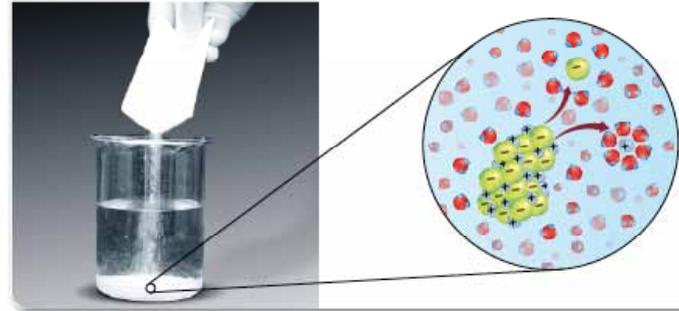
عملية الذوبان The Solvation Process

لماذا تذوب بعض المواد في مواد معينة ولا تذوب بعض المواد الأخرى؟ لكي يتكون المحلول يجب فصل جسيمات المذاب بعضها عن بعض، ثم خلط جسيمات المذاب مع جسيمات المذيب. أن قوى التجاذب موجودة بين جسيمات كل المواد، فهي موجودة بين جسيمات المذاب النقي، وهي موجودة كذلك بين جسيمات المذيب النقي، وكذلك بين جسيمات المذاب والمذيب معاً.

فبعد وضع مذاب صلب في مذيب، تحيط جسيمات المذيب بسطح المذاب الصلب تماماً. فإذا كانت قوى التجاذب المتكونة بين جسيمات المذاب والمذيب أكبر من قوى التجاذب بين جسيمات المذاب نفسه فسوف تجذب جسيمات المذيب جسيمات المذاب، وتفصل بعضها عن بعض وستحيط بها. ثم يتعد جسيمات المذاب المحاطة بجسيمات المذيب عن المذاب الصلب، وتنتج نحو المحلول.

وتسمى عملية إحاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب **الذوبان**، كما هو موضح في الشكل 2-6، فالمذيب يذيب شبيهه "like dissolves like"، قاعدة عامة تستعمل لتحديد ما إذا كانت عملية الذوبان تحدث في مذيب معين أم لا. ولتحديد ما إذا كان المذيب والمذاب متماثلين يجب دراسة قطبية الجزيئات وروابط كل منها.

الشكل 2-6 يبدأ الملح بالانفصال عندما يوضع في الماء. تسحب جسيمات المذاب من الحالة الصلبة وتحاط بجسيمات المذيب.



2-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

اطلب إلى الطلبة الاطلاع على الشكل 2-6 ثم اسألهم، ما الذي يحدث؟ **يذوب الملح في الماء.** اطلب إلى الطلبة تحديد المذاب والمذيب. **يجب على الطلبة أن يحدّدوا جزيئات الملح، وجزيئات الماء في الشكل، ويميّزوا أن الماء هو المذيب، والملح هو المذاب.**

اطلب إلى الطلبة العودة إلى الشكل؛ ليفسروا ما يحدث للمذاب. **يُسحب المذاب ويحاط بالمذيب.** اشرح للطلبة أن هذه هي عملية الذوبان، وأن هناك ثلاثة عوامل رئيسية تؤثر في الذوبان: الحرارة، والضغط (للغازات)، والقطبية. ذكّر الطلبة أن حدوث الذوبان يستوجب سحب جسيمات المذاب بواسطة جسيمات المذيب، واطلب إليهم أن يحدّدوا كيف يؤثر كل عامل في الذوبان. يجب على الطلبة أن يستعملوا هذه التخمينات كمرجعية في قراءاتهم. **ض م**

2. التدريس

تطوير المفهوم

المحاليل الشائعة اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بالمحاليل التي يستعملونها بشكل دائم، ثم راجع القائمة في الصف؛ للتأكد من أن الطلبة اختاروا المحاليل فقط. **ف م**

التقويم

المعرفة دع الطلبة يكتبوا تفسيراً للقاعدة التي تقول (المثل يذيب المثل) بكلماتهم الخاصة، واستعمال أمثلة من تجاربهم الخاصة. **ض م**

طرائق تدريس متنوعة

المتعلمون اطلب إلى الطلبة أن يصمّموا إعلاناً، أو رسماً توضيحياً لعملية الذوبان، مع تسمية الأيونات الموجبة والسالبة، والأطراف القطبية لجزيئات الماء، ثم يتبادلوا تصاميمهم أو رسوماتهم التوضيحية مع بقية الصف، وتفسير العملية. **ف م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة



غالبًا ما يعتقد الطلبة أن الماء هو المذيب في المحاليل جميعها.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

زود الصفِّ بأكبر عددٍ من المحاليل الشائعة مثل: منظفات الزجاج، وسبيكة النحاس، والفولاذ، وسبيكة القصدير الاسود، والكحول الطبيّ، وصبغة اليود، ومياه غازية في وعاء مغلق، ومشروب الطاقة. اطلب إلى مجموعاتٍ من الطلبة وصف تركيب كلِّ محلول. وإذا أمكن تحديد المذيب والمذاب، والحالات الفيزيائية للموادِّ المكونة للمحلول.

عرض المفهوم

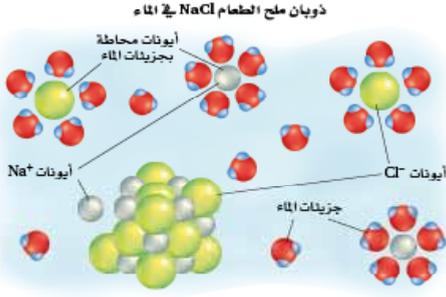
ارسم جدولاً على السبورة، وضع الكلمات الآتية عناوين في أعمدته: مخلوط، ومذاب، ومذيب، واجعل مجموعات الطلبة تعدُّ قائمةً بمكونات المخلوط، وساعدهم على تصنيف المكونات إلى سائل، وصلب، وغاز. سيتوصل الطلبة إلى أنّ المحلول ليس عبارة عن صلب ذائب في سائل فقط، وأنّ الماء ليس المذيب دائماً.

تقويم المعرفة الجديدة

دع الطلبة يذكرون أمثلة على الأنواع المختلفة للمحاليل.

الشكل 2-7 يذوب كلوريد الصوديوم في الماء

عندما تحيط جزيئات الماء بأيونات الصوديوم والكلوريد، لاحظ كيف تحيط جزيئات الماء القطبية حول كل من أيونات الكلوريد السالبة وأيونات الصوديوم الموجبة الموجبة والسالبة.



محاليل المركبات الأيونية تعلم أن جزيئات الماء تعد جزيئات قطبية، وتتحرك بصورة مستمرة بحسب نظرية الحركة الجزيئية. فعند وضع بلورة من مركب أيوني مثل كلوريد الصوديوم في الماء تصطدم جزيئات الماء بسطح البلورة. وعندها تجذب أطراف جزيئات الماء المشحونة أيونات الصوديوم الموجبة وأيونات الكلوريد السالبة. وهذا التجاذب بين الأقطاب والأيونات هو أكبر من التجاذب بين الأيونات في البلورة. لذلك تنزلق الأيونات مبتعدة عن سطح البلورة. وتحيط جزيئات الماء بالأيونات وتتحرك هذه الأيونات نحو المحلول مبتعدة عن الحالة الصلبة كما هو موضح في الشكل 2-7، معرضة أيونات أخرى على سطح البلورة للذوبان، وهكذا تستمر عملية الذوبان حتى تذوب البلورة كلها.

لا يمكن إذابة جميع المركبات الأيونية في الماء، فالجس مثلًا لا يذوب في الماء؛ لأن قوى التجاذب بين أيونات الجس قوية؛ بحيث لا تستطيع قوى التجاذب بين جزيئات الماء والأيونات التغلب عليها. ولقد ساهمت اكتشافات محاليل ومخاليط معينة - ومنها الجبيرة الطبية المحضرة من الجبس - في تطوير الكثير من المنتجات والعمليات، كما هو موضح في الشكل 2-8.

الشكل 2-8 كيمياء المحاليل ساهم

العلماء العاملون في مجال المحاليل الكيميائية في تطوير منتجات وعمليات تتضمن مجالات التقنية الطبية، وتحضير الطعام وحفظه، والصحة العامة والسلامة.

1916م طور الأطباء محلول الجلسرين الذي يسمح بتخزين الدم لمدة أسابيع بعد سحبه.



1883م أول نجاح لعملية طرد مركزي تستعمل الدوران السريع لفصل مكونات المخلوط.

1910

1890

1870

1899م أحدثت تقنية أخذت براءة اختراع في التقليل من حجم جزيئات الدهن الذاتية في الحليب الخام لمنع تكون طبقة زبد في عملية تسمى التجانس.

1866م كان اختراع السلولويد، وهو عبارة عن محلول من الكافور والسليلوز في بدايات صناعة البلاستيك.



مشروع الكيمياء

مشروبات الطاقة اطلب إلى الطلبة البحث عن مشروبات الطاقة، ومقارنة المكونات الغذائية والمكونات العامة للأنواع المختلفة. هل من المفيد تناول مشروبات الطاقة إذا كنت رياضياً؟ أو عند انتهائك من نشاط مُجهّد؟ هل يختلف مشروب الطاقة عن باقي المشروبات ذات النكهة غير الغازية بشكل كبير؟ دع الطلبة يقارنوا تكلفة الأنواع المختلفة لمشروبات الطاقة مع المشروبات ذات النكهة غير الغازية. **ضم**

الخلفية النظرية للمحتوى

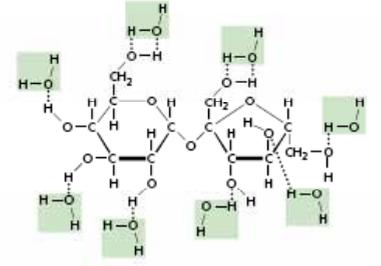
مياه شرب صالحة قد تؤثر الكوارث الطبيعية كالأعاصير والفيضانات والزلازل على أنظمة مياه الشرب، وقد تصبح المياه ملوثة بمياه المجاري والنفايات الزراعية، أو الصناعية مما ينتج عن ذلك إصابة الناس بعدوى الأمراض البكتيرية مثل؛ الكوليرا، والتيفوئيد. ولقد طورت في عام 2003م أجهزة تنقية المياه، والتي تحتوي على هيبوكلورات الكالسيوم، التي تقتل العديد من المخلوقات المجهرية إضافة إلى مواد كيميائية، تعمل على ترسيب الفلزات الثقيلة، والمبيدات الحشرية. تذاب هذه المواد في الماء من مصادر محلية، وترشح خلال قطعة قماش لإزالة الشوائب وإنتاج ماء صالح للشرب.

تطبيقات كيميائية

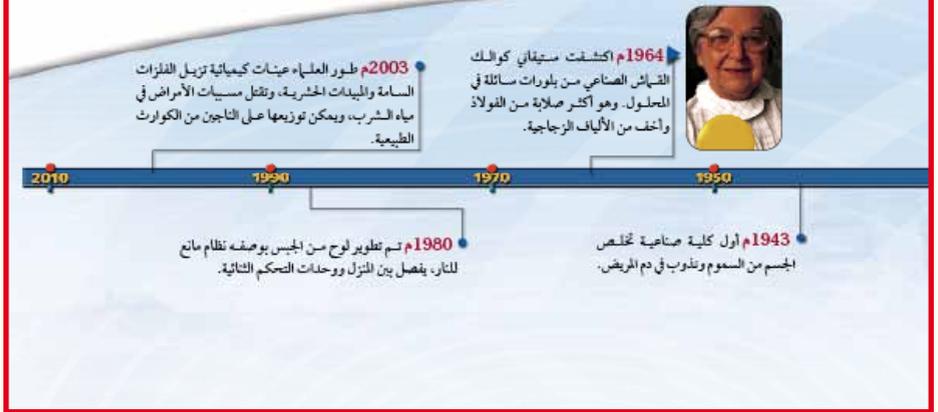
المنظفات الصابون، والمنظفات تطبق على "المذيب يذيب شبيهه" فهي تتكون من سلاسل هيدروكربونية طويلة غير قطبية باستثناء طرف المجموعة الكربوكسيلية. حيث يجذب الطرف الهيدروكربوني غير القطبي نحو الدهن، والزيت الموجود على قطع القماش، ويميل إلى الإحاطة بجسيمات البقعة. وترتبط الأطراف القطبية للصابون بجزيئات الماء، ونتيجة لذلك يمكن غسل البقعة غير القطبية المحاطة بجزيئات الصابون بعيداً عن قطعة القماش.



الشكل 2-9 يحتوي جزيء السكر على 8 روابط O-H قطبية، وتكون جزيئات الماء القطبية روابط هيدروجينية مع O-H، التي تسحب السكر نحو المحلول.



محاليل المركبات الجزيئية يعد الماء مذيباً جيداً للكثير من المركبات الجزيئية. فسكر المائدة عبارة عن المركب الجزيئي السكر، ويحتوي جزيئاته القطبية على عدة روابط من O-H، كما هو موضح في الشكل 2-9. وبمجرد ملامسة بلورات السكر الماء، تصطدم جزيئات الماء بالسطح الخارجي للبلورات، وتصبح كل O-H موقفاً لتكوين روابط هيدروجينية مع الماء، لذا يتم التغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السكر بقوى التجاذب التي تتكون بين جزيئات السكر وجزيئات الماء القطبية، فتترك جزيئات السكر البلورية، وتصبح ذائبة في الماء. يتكون الزيت من الكربون والهيدروجين، ولا يكون محلولاً مع الماء؛ وذلك لأن قوى التجاذب التي تتكون بين جزيئات الماء القطبية وجزيئات الزيت غير القطبية ضعيفة. إلا أنه يمكن تنظيف الزيت المنسكب بمذيب غير قطبي؛ لأن المذاب غير القطبي يذوب بسهولة أكبر في المذيب غير القطبي.



دفتر الكيمياء

الاكتشافات اطلب إلى الطلبة مناقشة الأشخاص الأكثر تأثيراً بكل اكتشاف أو تطور مذكور على خط الزمن. وكيف يمكن لمجتمعنا أن يكون مختلفاً هذه الأيام إذا لم تحدث هذه الاكتشافات؟ وما هي الفئات الأكثر تأثيراً؟ وكيف؟ اطلب إلى الطلبة تسجيل إجاباتهم في دفاترهم.

❗ **ماذا قرأت؟** يجب توفر الطاقة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات المذاب، وكذلك بين جزيئات المذيب. وتنتج الطاقة عند تجاذب كل من جسيمات المذاب والمذيب معًا. وتحدد محصلة التغير في الطاقة لهاتين العمليتين ما إذا كان المحلول ماصًا للطاقة، أو طارداً لها.

تطوير المفهوم

عملية الذوبان بين أنه يمكن التفكير في آلية الذوبان على أنها مجموع ثلاث عمليات:

1. تكسير الروابط بين جسيمات المذاب لتصبح جسيمات منفصلة.
2. توسيع المسافات بين جسيمات المذيب لتسمح لجسيمات المذاب بالدخول بينها.
3. التفاعل بين جسيمات المذاب والمذيب لتكوين المحلول.

ضم



يذوب مكعب السكر في الشاي المثلج ببطء. وتزداد سرعة الذوبان عند تحريكه.



يذوب السكر المطحون بسرعة أكبر من مكعب السكر في الشاي المثلج. كما يزيد التحريك من سرعة ذوبان السكر المطحون.



يذوب السكر المطحون بسرعة كبيرة جدًا في الشاي الساخن.

الشكل 2-10 يوضح الفرق في سرعة الذوبان والتحريك في سرعة الذوبان.

حرارة المحلول تنفصل جسيمات المذاب بعضها عن بعض خلال عملية الذوبان، وتباعد جسيمات المذيب لتسمح لجسيمات المذاب بالدخول بينها. ويلزم طاقة للتغلب على قوى التجاذب الموجودة بين جسيمات المذاب وجسيمات المذيب، لذلك فكلتا المادتين ماصة للطاقة. وعند مزج جسيمات المذاب مع المذيب تتجاذب جسيمات المادتين، وتنطلق الطاقة، وبذلك تكون عملية الذوبان طاردة للطاقة. ويسمى التغير الكلي للطاقة الذي يحدث خلال عملية تكون المحلول **حرارة المحلول**.

وكما لاحظت في النشاط الاستهلاكي أن بعض المحاليل تنتج الطاقة في أثناء تكوينها، بينما بعضها الآخر يحتاج أو يمتص طاقة خلال تكوينه. فمثلاً يصبح الوعاء بارداً بعد ذوبان نترات الأمونيوم في الماء، بينما يصبح الوعاء ساخناً عند ذوبان كلوريد الكالسيوم في الماء.

❗ **ماذا قرأت؟** فسّر لماذا تمتص بعض المحاليل طاقة في أثناء تكوينها بينما يحتاج بعضها الآخر إلى الطاقة في أثناء تكوينه؟

العوامل المؤثرة في سرعة الذوبان

Factors That Affect Solvation

يحدث الذوبان عندما تتصل جسيمات المذاب والمذيب بعضها ببعض. ويبين الشكل 2-10 ثلاث طرائق شائعة لزيادة التصادمت بين جسيمات المذاب والمذيب، ومن ثم زيادة سرعة الذوبان، وهي: التحريك، وزيادة مساحة سطح المذاب، ورفع درجة حرارة المذيب.

التحريك يعمل تحريك المحلول على إبعاد جسيمات المذاب عن سطح الاتصال بسرعة أكبر، وبذلك يسمح لحدوث تصادمت أخرى بين جسيمات المذاب والمذيب. وبدون تحريك المحلول تتحرك الجسيمات المذابة بعيداً عن مناطق الاتصال ببطء.

مساحة السطح إن تكسير المذاب إلى قطع صغيرة يزيد من مساحة سطحه. وتساعد الزيادة في مساحة السطح على زيادة عدد التصادمت التي تحدث. وبذلك فإن ذوبان ملعقة من السكر المطحون يكون أسرع من ذوبان الكمية نفسها التي تكون على شكل مكعبات.

الحرارة تتأثر سرعة الذوبان بالحرارة، فمثلاً، يذوب السكر في الشاي الساخن بسرعة أكبر من ذوبانه في الشاي المثلج، كما في الشكل 2-10. وكذلك فإن المذيب الساخن يذيب كمية أكبر مقارنة بالمذيب البارد. لذلك يستوعب الشاي الساخن سكرًا ذاتيًا أكثر من الشاي المثلج، ومع زيادة الحرارة فإن معظم المواد الصلبة تسلك سلوك السكر نفسه عند الذوبان. ولكن يقل ذوبان بعض المواد الأخرى، ومنها الغازات، بزيادة الحرارة، مما يجعل المشروبات الغازية تفقد طعمها اللاذع أسرع عند درجة حرارة الغرفة مقارنة بالمشروبات الغازية الباردة.

الخطوات

زن 20 g من إيثانوات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ، و 20 g من نترات البوتاسيوم KNO_3 ، وضع كل مادة منها في دورق منفصل سعته 125 ml، ويحتوي على 50 ml ماء. اطلب إلى الطلبة ملاحظة أن إيثانوات الكالسيوم تذوب في الماء، بينما تذوب نترات البوتاسيوم جزئياً في الماء.

دع الطلبة يتوقعون ما سيحدث عند تسخين المحاليل. ضع الدورقين على السخان الكهربائي، وسخن المحلولين مع التحريك.

النتائج

ستتبلور إيثانوات الكالسيوم الذائبة، بينما تذوب نترات البوتاسيوم غير الذائبة.

عرض عملي

الحرارة والذوبانية

الهدف توضيح تأثير الحرارة على الذوبانية.

المواد والأدوات

دورق مخروطي سعة 125 ml عدد (2)، سخان كهربائي، ساق زجاجية عدد (2)، 20 g من $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ، 20 g من KNO_3 ، ماء.

احتياطات السلامة

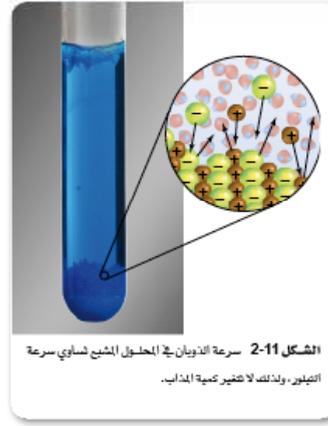
التخلص من النفايات تخلص من الكيماويات جميعها بسكبها في المغسلة مع كميات كبيرة من الماء تعادل 100 ضعف قدر حجمها.

إجابة سؤال الرسم البياني 40 g لكل 100 g H₂O

تطوير المفاهيم

المحايل فوق المشبعة استعمل التشبيه الآتي لمساعدة الطلبة على فهم المفردات: المشبع، وغير المشبع، وفوق المشبع. اقترح أن يمثل عدد المقاعد في الصف كمية المذيب، وأن يمثل الطلبة جسيمات المذاب، فإذا كان لدينا 20 طالبًا، و 25 مقعدًا؛ سيكون هنالك متسعٌ لاستقبال خمسة طلبة آخرين، وبصورة مشابهة يمكن إضافة كمية أخرى من المذاب إلى المحلول غير المشبع. أما إذا كان لدينا 25 مقعدًا، و 25 طالبًا عندها يكون الصف قد احتوى العدد الأقصى الذي يمكن استيعابه، وبشكل مشابه نجد أن المحلول المشبع لا يمكن أن يستوعب كمية إضافية من المذاب. وبوجود 30 طالبًا و 25 مقعدًا في الصف، يصبح عدد الطلبة أكثر مما يمكن استيعابه، وبشكل مشابه يحتوي المحلول فوق المشبع على كمية من المذاب أكثر مما يمكن للمحلول استيعابه. دع الطلبة يلاحظوا أن الطلبة في صفٍ فوق مشبع لا يشعرون بالراحة، وبالمقارنة يكون المحلول فوق المشبع غير مستقر. وعندما يتعب الطلبة الإضافيون من الانضغاط سوف يقفون ويتخلون عن بعض المقاعد، وهذا يشابه ما يحدث في المحلول فوق المشبع، حيث تتبلر الكمية الزائدة من المذاب تاركة المحلول. **د م**

مختبر الكيمياء يمكن استعمال مختبر الكيمياء الموجود في نهاية الفصل عند هذه المرحلة.



الذوبانية Solubility

كما يمكن فهم الذوبان على مستوى الجسيمات يمكن كذلك فهم الذوبانية على مستوى الجسيمات. تعتمد ذوبانية المذاب على طبيعة كل من المذاب والمذيب؛ فعند إضافة المذاب إلى المذيب تصادم جسيمات المذيب مع جسيمات سطح المذاب وتبدأ جسيمات المذاب في الاختلاط مع جسيمات المذيب عشوائيًا. وتبدأ جسيمات المذاب في الابتعاد عن البلورة أولاً، إلا أنه مع زيادة عدد الجسيمات المذابة يزيد عدد التصادمات بين جسيمات المذاب وبقية البلورة. ونتيجة الحركة العشوائية نفسها تصطدم بعض جسيمات المذاب بسطح البلورة، مما يجعل بعض الجسيمات تتبلور مرة أخرى، كما هو موضح في الشكل 11-2. ومع استمرار عملية الذوبان تزداد سرعة التبلور، بينما تبقى سرعة الذوبان ثابتة. ويستمر الذوبان ما دامت سرعة الذوبان أعلى من سرعة التبلور.

واعتمادًا على كمية المذاب، قد تتساوى سرعة الذوبان والتبلور في نهاية المطاف. وعند هذه النقطة لا يذوب المزيد من المذاب ويصل المحلول إلى حالة من الاتزان الديناميكي بين التبلور والذوبان ما بقيت درجة الحرارة ثابتة. **المحلول غير المشبع المحلول غير المشبع** هو المحلول الذي يحتوي على كمية مذاب أقل من اللازم عند درجة حرارة وضغط معينين. ويمكن إضافة كميات أكثر من المذاب إلى المحلول غير المشبع.

المحلول المشبع رغم استمرار ذوبان جسيمات المذاب وتبلورها في المحلول الذي وصل إلى حالة الاتزان إلا أن كمية المذاب في المحلول تبقى ثابتة. يعرف مثل هذا المحلول الموضح في الشكل 11-2 **بالمحلول المشبع**، وهو يحتوي على أكبر كمية من المذاب في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة وضغط معينين.

الحرارة والمحايل فوق المشبعة تتأثر الذوبانية بارتفاع درجة حرارة المذيب؛ حيث تزداد طاقة حركة جسيماته، فتزداد التصادمات ذات الطاقة العليا مقارنة بالتصادمات عند درجة حرارة منخفضة. إن ذوبانية الكثير من المواد أكبر عند درجات الحرارة العليا، كما في الشكل 12-2. فمثلًا تتساوى ذوبانية كلوريد الكالسيوم CaCl₂ 64 g لكل 100 g H₂O عند درجة حرارة 10 °C، وعند زيادة درجة الحرارة إلى 27 °C تزداد ذوبانية 50% من CaCl₂ لكل 100 g H₂O تقريبًا.

على أن بعض المواد - ومنها كبريتات السيريوم - تقل ذوبانيتها عند زيادة درجة الحرارة، ولكنها تبقى ثابتة بعد الوصول إلى درجة حرارة معينة.

3. هل ميل المنحنى لذوبانية إيثانوات الكالسيوم موجب أم سالب؟

سالب

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة استعمال هذا العرض لمراجعة مبدأ لوتشاتليه كونه يرتبط باتزان المحلول.

حرارة محلول نترات البوتاسيوم موجبة (ماص للطاقة)، وميل منحناها للذوبانية مقابل درجة الحرارة موجب، ولكن العكس

صحيح بالنسبة لإيثانوات الكالسيوم. **ض م ف م**

الذوبانية بـ g / 100ml H ₂ O		
الصلب	0 °C	100 °C
Ca(CH ₃ COO) ₂	37.4	29.7
KNO ₃	13.3	24.7

تبدأ إيثانوات الكالسيوم بالتبلر في أثناء تسخين المحلول لأن ذوبانيتها تقل بزيادة درجة الحرارة. بينما تزداد ذوبانية نترات البوتاسيوم بصورة كبيرة عند زيادة درجة الحرارة.

التحليل

1. هل تتفق مشاهداتك مع توقعاتك؟ سوف يتوقع معظم الطلبة أن ذوبانية كلا المادتين ستزداد بزيادة درجة الحرارة.

2. أيُّ المادتين لها حرارة محلول موجبة؟ KNO₃

التلم البصري

الجدول 2-3 اطرح على الطلبة أسئلة مبنية على المعلومات الموجودة في الجدول مثلاً: ماذا يحدث لذوبانية كبريتات الألومنيوم عند ارتفاع درجة الحرارة؟ وكذلك لكلوريد الصوديوم؟ لكلوريد الكالسيوم؟ **تزداد ذوبانيتها**. هل هناك اتجاه، أو نمط معين يمكن أن يقترح فيما يتعلق بذوبانية المواد عند ارتفاع درجة الحرارة؟ **تزداد ذوبانية معظم المواد غير الغازية بارتفاع درجة الحرارة**. هل هناك استثناءات؟ **هيدروكسيد الكالسيوم، الأمونيا، ثاني أكسيد الكربون، والأكسجين**. دع الطلبة يلاحظوا أنه باستثناء هيدروكسيد الكالسيوم فإن الغازات الثلاثة الأخرى تتبع قانون هنري.

الذوبانية في الماء عند درجات حرارة مختلفة				الجدول 2-3	
الذوبانية (g/100 g H ₂ O)*				الصيغة الكيميائية	الاسم الكيميائي
100°C	60°C	20°C	0°C		
89.0	59.2	36.4	31.2	Al ₂ (SO ₄) ₃	كبريتات الألومنيوم
--	20.94	3.89	1.67	Ba(OH) ₂	هيدروكسيد الباريوم
0.076	0.121	0.173	0.189	Ca(OH) ₂	هيدروكسيد الكالسيوم
--	32.6	34.8	36.1	Li ₂ SO ₄	كبريتات الليثيوم
56.3	45.8	34.2	28.0	KCl	كلوريد البوتاسيوم
39.2	37.1	35.9	35.7	NaCl	كلوريد الصوديوم
733	440	216	122	AgNO ₃	نترات الفضة
487.2	287.3	203.9	179.2	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	السكروز
--	200	680	1130	NH ₃	الأمونيا*
--	0.359	0.878	1.713	CO ₂	ثاني أكسيد الكربون*
--	0.019	0.031	0.048	O ₂	الأكسجين*

* L/1 L H₂O في حالة الغاز عند الضغط الجوي القياسي 101 kPa

يمكن توضيح تأثير درجة الحرارة على ذوبانية المواد من خلال البيانات الموجودة في الجدول 2-3. تلاحظ أن 203 g من السكروز C₁₂H₂₂O₁₁ تذوب في 100 g من الماء عند درجة حرارة 20°C. بينما يذوب 484.2 g من السكروز في 100 g من الماء عند درجة حرارة 100°C، وهذا يعني زيادة قابلية الذوبان 140% تقريباً. وحقيقة أن الذوبانية تتغير عند تغير درجة الحرارة، وإن بعض المواد تصبح أكثر قابلية للذوبان عند زيادة درجة الحرارة، هي المفتاح الأساسي لتكوين المحاليل فوق المشبعة. يجتري المحلول فوق المشبع على كمية أكبر من المادة المذابة مقارنة بمحلول مشبع عند درجة الحرارة نفسها. ولعمل محلول فوق مشبع يتم تحضير محلول مشبع عند درجة حرارة عالية، ثم يبرد تدريجياً وبيطء. إذ يسمح التبريد البطيء للمادة المذابة الزائدة أن تبقى مذابة في المحلول عند درجات حرارة منخفضة كما هو موضح في الشكل 2-13.

المفردات

أصل الكلمة

مشبع (Saturated)

مشتقة من كلمة لاتينية

(Saturatus) وتعني يشبع أو يملأ.

الشكل 2-13 عند

إضافة نوى التبلور

إلى محلول فوق مشبع

تتبلور المادة المذابة

الزائدة.

عرض عملي

فوق المشبع قم بتحضير محلول فوق مشبع قبل بدء الحصّة، وللقيام بذلك قم بتسخين 15 g تقريباً من إيثانوات الصوديوم ببطء مع 8 ml من الماء المقطر في دورق إلى أن يتم ذوبان المادة الصلبة كلياً. اترك المحلول يبرد إلى أن يصبح بدرجة حرارة الغرفة، لكن لا تحاول تحريكه في أثناء تبريده، ثم قم بإضافة بلورة، أو بلورتين من إيثانوات الصوديوم إلى المحلول ودع الطلبة يلاحظوا تكوّن بلورات إيثانوات الصوديوم. وللعلم يمكن إعادة استعمال إيثانوات الصوديوم عندما يتبخّر الماء.

دفتر الكيمياء

تحضير المحاليل دع الطلبة يكتبوا فقرة يشرحون فيها كيفية استعمال منحني الذوبانية في تحضير محلول مشبع، ومحلول غير مشبع، ومحلول فوق مشبع، ثم يتبادلون كتاباتهم؛ لاستعمالها في تحضير كل نوع من المحاليل. **ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة كتابة فقرة تصف توقعاتهم عما سيحدث عند إضافة بلورة، أو اثنتين من المذاب إلى محاليل غير مشبعة، ومشبعة، وفوق مشبعة. **ض م ف م**

عرض عملي

بلورات السكر قم بغلي 250 ml من الماء في دورق، وأضف السكر إلى الماء حتى يتوقف السكر عن الذوبان في الماء، ثم اسكب المحلول في كأس. اربط قطعة من خيط، أو سلك سميك بأحد أطراف قطعة خشبيّة، وضعها على فوهة كأس ليتدلى الخيط منها إلى داخل المحلول. ضع الكأس في أحد أركان الغرفة، بحيث يبقى بعيداً عن الحركة لعدّة أيام. دع الطلبة يلاحظوا تكون بلورات السكر الموجودة على الخيط.

ض م

إثراء

العنصر الغازي اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات من 3 إلى 4 طلبية؛ للبحث عن خواص عنصر يوجد في الحالة الغازية تحت الضغط الجويّ العاديّ، وعند درجة حرارة الغرفة. ثم دع المجموعات تقوم بتقديم العروض عن نتائج أبحاثها أمام الصف. **د م**

التلمّ البصريّ

الشكل 14-2 اطلب إلى الطلبة القيام بعملية عصف ذهنيّ لأمثلة أخرى متعلقة بالمحاليل فوق المشبعة. أشر إلى شكل ووصف عملية استمطار الغيوم الموجودة في الكتاب؛ لتحفيز هطول المطر. **د م**

الشكل 14-2 تمد الرواسب المعدنية في الينابيع الحارة مثلاً على تكون البلورات بفعل المحاليل فوق المشبعة.



المحاليل فوق المشبعة غير ثابتة؛ فعند إضافة قطعة صغيرة من المذاب - تسمى نواة التبلور - إلى محلول فوق مشبع ترسب المادة المذابة الزائدة بسرعة، كما هو موضح في الشكل 13-2. ويمكن أن يحدث التبلور إذا كان الجزء الداخلي من الوعاء مخدوشاً أو تعرض المحلول فوق المشبع إلى الحركة أو رج الوعاء. وباستعمال يوديد الفضة AgI بوصفه نوى تكاثف في الهواء فوق المشبع ببخار الماء يؤدي تجمع جزيئات الماء إلى تكون قطرات قد تسقط على الأرض على شكل مطر. تسمى هذه الآلية استمطار الغيوم. ويتكون سكر النبات والرواسب المعدنية على حواف الينابيع المعدنية - كالتالي تظهر في الشكل 14-2 - من محاليل فوق مشبعة.

ذوبانية الغازات ذوبانية كل من غازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون أقل عند درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة. وهذا سلوك متوقع لجميع المواد الغازية المذابة في المذيبات السائلة. هل تستطيع تفسير هذا السلوك؟ تذكر أن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تسمح للجسيمات بالهرب أو النفاذ من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة العالية. ولذلك كلما زادت درجة حرارة المحلول قلت ذوبانية المذاب الغازي.

الفردات

الاستعمال العلمي مقابيل

الاستعمال الشائع

الضغط (Pressure)

الاستعمال العلمي: القوة المبذولة على وحدة المساحة. خلال تسرب غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول يزداد الضغط داخل القارورة المغلقة. الاستعمال الشائع: الجهد الفيزيائي أو الإجهاد الذهني. هناك الكثير من الضغط للقيام بأداء جيد في الامتحانات

الضغط وقانون هنري يؤثر الضغط في ذوبانية المواد المذابة الغازية في المحاليل، فكلمة ازداد الضغط الخارجي - الضغط فوق المحلول - زادت ذوبانية الغاز في أي مذيب. تعتمد المشروبات الغازية على هذا المبدأ؛ حيث تحتوي المرطبات الغازية على غاز ثاني أكسيد الكربون الذائب في محلول مائي. لذا يذاب ثاني أكسيد الكربون في المحلول في أثناء عملية التعبئة عند ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح علبة المشروب الغازي يكون ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون أعلى من الضغط الواقع على العلبة، ونتيجة لذلك تنصاعد فقاعات غاز ثاني أكسيد الكربون من المحلول إلى السطح وتنتفخ، إلا إذا كانت العلبة مغلقة. وتستمر هذه العملية إلى أن يفقد المحلول تقريباً غاز ثاني أكسيد الكربون كله، ويصبح المحلول بلا طعم. ويمكن وصف انخفاض ذوبانية غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في المشروب الغازي بعد فتح العبوة بقانون هنري.



ينص **قانون هنري** على "تناسب ذوبانية الغاز في سائل عند درجة حرارة معينة طردياً مع ضغط الغاز الموجود فوق السائل". فعندما تكون زجاجة الصودا مغلقة - كما هو موضح في الشكل 15-2 يعمل الضغط الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون داخل المحلول. ويمكن تمثيل هذه العلاقة على النحو الآتي:

قانون هنري

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

S يمثل الذوبانية

P يمثل الضغط

يبقى ناتج قسمة الذوبانية على الضغط ثابتاً عند درجة حرارة معينة.

غالباً ما تستعمل قانون هنري لتحديد الذوبانية S_2 عند ضغط جديد P_2 ، حيث P_2 معروف. ويمكن استعمال قواعد الجبر الأساسية لحل قانون هنري لأي من المتغيرات المحددة. ولإيجاد S_2 ابدأ باستعمال قانون هنري الأسامي.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

بالضرب التبادلي نحصل على:

$$P_1 S_2 = S_1 P_2$$

وبقسمة الطرفين على P_1 يعطي المعادلة الآتية:

$$\frac{S_1 P_2}{P_1} = \frac{P_1 S_2}{P_1} \rightarrow S_2 = \frac{S_1 P_2}{P_1}$$

الشكل 15-2 ثاني أكسيد الكربون CO_2 مذاب في الصودا، كما يوجد بعض الغاز فوق السائل.

فسر لماذا يتصاعد غاز CO_2 من المحلول عند ذرع الغطاء؟



المعرفة اطلب إلى الطلبة تفسير سبب فقدان زجاجة المشروب الغازي لطعمها عند فتحها عند درجة حرارة الغرفة بسرعة أكبر مما لو وُضعت في الثلاجة؟ سبب ذلك هو **كون ذوبانية ثاني أكسيد الكربون أكبر عند درجات الحرارة المنخفضة، وبالأتي سوف تتطاير كمية أقل من CO_2 من المحلول عند وضعه في الثلاجة.** **ضم م**

■ **إجابة سؤال الشكل 15-2 عند إزالة الغطاء، يقل مقدار الضغط فوق المحلول، مما ينتج عنه انخفاض ذوبانية ثاني أكسيد الكربون.**

التوسع

الأكسجين المذاب اطلب إلى الطلبة وضع فرضية حول كميات الأكسجين التي تحتاج إليها سمكة في مناطق مختلفة من العالم، وعند درجات حرارة مختلفة. ناقش مع الطلبة المفردات الآتية: الأكسجين المذاب، والأكسجين الحيوي المستهلك، وفسر ما يحدث لكمية الأكسجين المذاب كلما ازدادت الحرارة. دع الطلبة يرسمون منحنى الذوبانية لكمية الأكسجين المذاب؛ اعتماداً على درجة حرارة مياه المحيط. **ضم م**

دفتر الكيمياء

الهواء والصحة دع الطلبة يبحثوا عن التطور التاريخي لمكونات الهواء المستعمل في أجهزة التنفس تحت الماء، على أن يشمل البحث على معلومات حول تخفيف الضغط، ومناقشة الأسباب، وطرق العلاج. والموضوع الآخر للبحث هو استعمال غرفة الضغط العالي في المستشفيات التي تستعمل تقنية زيادة تركيز الأكسجين في الهواء، وذلك لرفع كمية الأكسجين التي تصل إلى دم المريض ودماغه. تستعمل هذه الغرفة بشكل مألوف ودارج؛ للمساعدة في علاج ضحايا الحروق، حيث تعمل زيادة كمية الأكسجين على سرعة إعادة بناء الخلايا. **ضم م**

قانون هنري إذا ذاب 0.85 g من غاز ما عند ضغط مقداره 4.0 atm في 1.0 L من الماء عند درجة 25°C، فما كتلة الغاز الذي يذوب في 1.0 L من الماء عند ضغط مقداره 1.0 atm عند درجة الحرارة نفسها؟

1 تحليل المسألة

أعطيت ذوبانية الغاز عند الضغط الابتدائي، وثبات درجة حرارة الغاز مع تغير الضغط. ولأن تقليل الضغط يؤدي إلى تقليل ذوبانية الغاز فإن كتلة أقل من الغاز تذوب عند ضغط أقل.

المعطيات

$$S_1 = 0.85 \text{ g/L}$$

$$P_1 = 4.0 \text{ atm}$$

$$P_2 = 1.0 \text{ atm}$$

المطلوب

$$S_2 = ? \text{ g/L}$$

2 حساب المطلوب

أكتب قانون هنري

حل قانون هنري لإيجاد S_2

$$P_2 = 1.0 \text{ atm}, P_1 = 4.0 \text{ atm}, S_1 = 0.85 \text{ g/L}$$

ثم اضرب واقسم الأرقام والوحدات.

3 تقويم الإجابة

قلت الذوبانية، كما هو متوقع، فقد قل الضغط فوق المحلول من 4.0 atm إلى 1.0 atm، لذا يجب أن تنخفض الذوبانية إلى ربع قيمتها الأصلية. الوحدة g/L هي وحدة الذوبانية.

مسائل تدريبية

28. إذا ذاب 0.55 g من غاز في 1.0 L من الماء عند ضغط 20.0 kPa، فما كمية الغاز نفسه التي تذوب عند ضغط 110 kPa؟

29. ذوبانية غاز عند ضغط 10 atm = 0.66 g/L، فما مقدار الضغط على عينة محلول حجمها 1.0 L وتحتوي على 1.5 g من الغاز؟

30. تحد ذوبانية غاز عند ضغط 7 atm تساوي 0.52 g/L. فما كتلة الغاز بالجرامات التي تذوب في لتر واحد إذا تم زيادة الضغط إلى 10 atm؟

التقويم 2-2

الخلاصة

- 31. **الفئة) الرئيسية** صف العوامل المؤثرة في تكوين المحاليل؟
- 32. عرف الذوبانية.
- 33. صف كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الذوبان؟
- 34. لخص إذا تم إضافة نواة بلورية إلى محلول فوق مشبع فكيف يمكنك وصف خاصية المحلول الناتج؟
- 35. عمل الرسوم البيانية واستعملها استعمل المعلومات الموجودة في الجدول 2-4 لعمل رسوم بيانية لذوبانية كبريتات الألمنيوم، وكبريتات الليثيوم، وكلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة 0°C و 20°C و 60°C و 100°C. أي المواد السابقة تتأثر ذوبانيتها أكثر بزيادة درجة الحرارة؟

التقويم 2-2

- 31. تؤثر عوامل كل من مساحة السطح، ودرجة الحرارة، والضغط، في تكوّن المحاليل.
- 32. الذوبانية، أكبر كتلة من المذاب، تذوب في كمية معطاة من المذيب عند درجة حرارة وضغط محددين.
- 33. تتغلب قوة التجاذب بين جزيئات المذاب، والمذيب على قوى التجاذب بين جزيئات المذاب معاً، وبالتالي تؤدي إلى سحب جزيئات المذاب عن بعضها البعض.
- 34. يصبح المحلول مشبعاً، بعد أن تتبلور جسيمات المذاب الزائدة خارج المحلول.
- 35. تظهر كبريتات الألمنيوم أكبر تغير في الذوبانية على مدى التغير في درجات الحرارة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة تحديد، مذاب صلب واحد على الأقل ومذاب غازي واحد في مياه المحيط. دعهم يقارنوا بين درجة ذوبانية الأكسجين أو ثاني أكسيد الكربون (غازين شائعين ذائبين في مياه المحيط) في مناطق دافئة (قرب خط الاستواء)، وفي مناطق باردة في العالم، ودعهم يصفون الاختلاف في الذوبانية باستعمال قانون هنري. **ف م**

إعادة التدريس

دع الطلبة يكتبوا معادلة قانون هنري ويفسروها بكلماتهم، أو لغتهم الخاصة.

مثال في الصف

سؤال إذا ذاب 1.2 g من غاز تحت ضغط 3.5 atm في 1.0 L من الماء عند درجة حرارة تساوي 25°C، ما كمية الضغط اللازم لإذابة 2.4 g من الغاز نفسه في 1.0 L من الماء عند درجة الحرارة نفسها؟

الإجابة

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

$$P_2 = \left(\frac{S_2}{S_1} \right) P_1 = \left(\frac{2.4 \text{ g/L}}{1.2 \text{ g/L}} \right) 3.5 \text{ atm} = 7.0 \text{ atm}$$

مسائل تدريبية

28. 3.0 g/L

29. 23 atm

30. 0.73 g/L

ابداً بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

ما الذي يعتمد عليه المذاب؟

اطلب إلى الطلبة كتابة صيغة معادلة المولالية. **يجب أن يتذكر الطلبة أن المولالية هي عدد مولات المذاب لكل كيلو جرام من المذيب.** ذكّر الطلبة بمعادلات الارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمّد. اسأل الطلبة عما يلاحظونه من تشابه في كل معادلة. **وجود قيم المولالية.** اكتب المعادلتين على السبورة متجاورتين، وقم باخفاء المتغيّر (K_f) ، واسأل الطلبة عن العلاقة بين الارتفاع في درجة الغليان والمولالية. **يجب أن يدرك الطلبة أن هناك علاقة مباشرة بين الاثنتين.** من ثمّ قم بتغطية المتغيّر (K_b) ، وأعد طرح السؤال نفسه على الطلبة. **يجب أن يدرك الطلبة أن هناك علاقة مباشرة أيضاً.** ذكّر الطلبة بأن المولالية تحدّد بعدد مولات المذاب لكل كيلو جرام من المذيب، ولذلك نستطيع أن نقول: إنّ الخواص الجامعة مثل الارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمّد ترتبط بشكل مباشر بكمية جسيمات المذاب الموجودة في المحلول. **ض م**

2. التدريس

اثراء

المحاليل المتأينة اطلب إلى الطلبة البحث عن دور المحاليل المتأينة في جسم الإنسان. يجب أن يشمل البحث دور هذه المحاليل في وظائف الأعصاب والعضلات، كما يجب أن يشتمل البحث على معلومات متعلقة بأمور، أو مشاكل تظهر عندما تكون المحاليل المتأينة غير متوازنة في الجسم. **ض م**

2-3

الأهداف

- تصف الخواص الجامعة.
- تعرف أربع خواص جامعة للمحاليل
- تحدد الارتفاع في درجة الغليان، والانخفاض في درجة التجمّد للمحلول

مراجعة المفردات

- الأيون، ذرة مشحونة كهربائياً
- الخواص الجامعة
- الانخفاض في الضغط البخاري
- الارتفاع في درجة الغليان
- الانخفاض في درجة التجمّد
- الخاصية الأسموزية
- الضغط الأسموزي

المفردات الجديدة

الخواص الجامعة للمحاليل Colligative Properties of Solutions

الفكرة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

الربط مع الحياة إذا كنت تعيش في منطقة طقسها بارد جداً في الشتاء فإنك قد لاحظت غالباً أن الناس يرشون الملح لإزالة الثلج والجليد عن الأرصفة والطرق. ولكن كيف يساعد الملح على جعل القيادة في الشتاء أكثر أمناً؟

المواد المتأينة والخواص الجامعة Electrolytes and Colligative Properties

تؤثر المواد المذابة في بعض الخواص الفيزيائية للمذيبات. فقد وجد الباحثون الأوائل أن تأثير المذاب في المذيب يعتمد فقط على كمية جسيمات المذاب الموجودة في المحلول، لا على المادة المذابة نفسها. وتسمى الخواص الفيزيائية للمحاليل التي تتأثر بعدد الجسيمات وليس بنوعها **الخواص الجامعة.** وتتضمن الخواص الجامعة انخفاض الضغط البخاري، وارتفاع درجة الغليان، وانخفاض درجة التجمّد، والضغط الأسموزي.

المواد المتأينة في محلول مائي إنّ المركبات الأيونية مواد توصل بحاليلها التيار الكهربائي؛ وذلك لأنها تنفك في الماء لتشكل محلولاً يوصل التيار الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 16-2. كما تتأين بعض المركبات الجزيئية في الماء وتكون أيضاً محلولاً متأيناً. وتسمى المواد المتأينة التي تنتج أيونات كثيرة في المحلول مواد متأينة قوية. أما التي تنتج عدداً قليلاً من الأيونات في المحلول فتسمى المواد المتأينة الضعيفة.

الشكل 16-2 محلول كلوريد الصوديوم موصل جيد للكهرباء؛ وذلك لأنه محلول مادة متأينة. في حين لا يوصل السكرورّ التيار الكهربائي؛ لأنه محلول مادة غير متأينة.



المفاهيم الشائعة غير الصحيحة



يعتقد معظم الطلبة أن إضافة مذاب لن تغيّر درجة الغليان، أو درجة التجمّد العاديّة للمحلول. ذكّر الطلبة بأن درجات الغليان، والتكاثف تحدث عند درجة الحرارة نفسها في المذيب النقي، وأيضاً درجات تجمّد وانصهار المذيب النقي تحدث عند درجة الحرارة نفسها.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

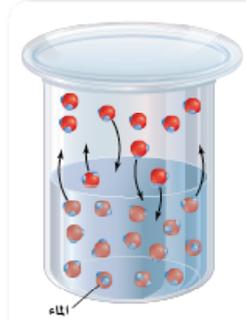
اطلب إلى الطلبة القيام بعمليةٍ عصفٍ ذهنيٍّ لأمثلة يحدث فيها ارتفاع درجة الغليان، أو انخفاض درجة التجمّد. قد تتضمن الأمثلة إضافة الملح إلى الماء عند الطبخ، وإضافة الملح إلى الجليد للطرق في الشتاء. وأيضاً إضافة الملح للماء عند صنع الثلّجات (الآيس كريم)، ورشّ سائل إيثيلين جليكول الإيثيلين على الطائرة لإذابة الجليد عنها قبل إقلاعها.

عرض المفهوم

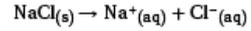
ضع 100ml من الماء في زجاجة بلاستيكية شفافة فارغة لها غطاء، وأحكم إغلاقها. كرّر ما سبق باستعمال الكحول الطبيّ (يحتوي 70% كحول، و 30% ماء). ضع ملصقاً على كلّ زجاجة يوضّح محتواها، ثم ضع الزجاجتين في وضع أفقيّ في المجمّد عند بداية الحصّة، وقم بإخراجها في نهاية الحصّة، وقارن بين المحلولين. يظهر الماء دليلاً واضحاً على التجمّد، دع الطلبة يفسروا لماذا تجمّد الماء بسرعة أكبر؟

تقويم المعرفة الجديدة

دع الطلبة يقوموا بوصف أثر الضغط البخاريّ على درجتَي الغليان والتجمّد للمذيب عند إضافة المذاب. **ضم**



بعد كلوريد الصوديوم مادة متأيّنة قوية، حيث يتفكك في المحلول وينتج أيونات Na^+ و Cl^- .



فإذابة 1 mol من كلوريد الصوديوم في 1 kg من الماء لا تنتج 1 m³ من محلول أيوني، ولكن تنتج 2 mol من جسيمات المذاب في المحلول، أي 1 mol لكل من أيوني Na^+ و Cl^- .

المواد غير المتأيّنة في المحلول المائي تذوب العديد من المركبات الجزيئية في المذيبات، ولكنها لا تتأين. ومثل هذه المحاليل لا توصل التيار الكهربائي، كما هو موضح في الشكل 2-16. وتسمى المواد المذابة مواد غير متأيّنة. والسكر والسكروز مثال على المواد غير المتأيّنة، حيث يحتوي 1 m³ من محلول السكر على 1 فقط من جزيئات السكروز.

ماذا قرأت؟ استنتج أي المركبين له تأثير أكبر في الخواص الجامعة: كلوريد الصوديوم أم السكروز؟

الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering

إن الضغط البخاري هو الضغط الذي تحدّته جزيئات السائل، في وعاء مغلق، والتي تتصاعد من سطح السائل متحوّلة إلى الحالة الغازية. وفي الوعاء المغلق وعند درجة حرارة وضغط ثابتين تصل جسيمات المذيب إلى حالة اتزان ديناميكي، حيث تتصاعد وتعود من جديد للتحوّل إلى الحالة السائلة بالسرعة نفسها.

تظهر التجارب أن إضافة مذاب غير متطابق إلى مذيب يقلل الضغط البخاري للمذيب؛ وذلك بسبب نقصان عدد الجسيمات التي تحدّث الضغط البخاري. فعندما يكون المذيب نقياً كما في الشكل 2-17 تحتل جسيمات المذيب مساحة سطح السائل كلها. أما عندما يحتوي المذيب على مذاب كما في الشكل 2-17، فإن خليط جسيمات المذاب والمذيب يحتل مساحة سطح السائل. ومع وجود كمية قليلة من جسيمات المذيب على السطح يتحوّل الغليان منها إلى الحالة الغازية. ومن ثم ينخفض الضغط البخاري. وكلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المذيب قل الضغط البخاري الناتج، لذا فإن **الانخفاض في الضغط البخاري** عائد إلى عدد جسيمات المذاب في المحلول، ولذلك فهو من الخواص الجامعة للمحلول.

تستطيع توقع التأثير النسبي للمذاب في الضغط البخاري اعتماداً على كون المذاب متأيّناً أو غير متأيّن. فمثلاً يكون التأثير النسبي لوجود 1 mol من كل من المواد المذابة غير المتأيّنة - ومنها الجلوكوز والسكروز والإيثانول - هو نفسه في الضغط البخاري. إلا أن 1 mol من كل من المواد المذابة المتأيّنة - ومنها كلوريد الصوديوم NaCl ، وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، وكلوريد الألمنيوم AlCl_3 له تأثير متزايد في الضغط البخاري؛ وذلك لأنها تنتج عدداً متزايداً من الأيونات في محلول كل منها.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى دع الطلبة يشرحوا لماذا يجب أن تكون درجة حرارة المحلولين متساوية؛ لتتمكن من مقارنة الضغط البخاري لهما؟ **يمكن للجزيئات أن تتطاير من السائل بمعدل أسرع عند درجات الحرارة العالية.**

ماذا قرأت؟ سيكون لكلوريد الصوديوم الأثر الأكبر؛ وذلك لأنه يتفكك مكوناً ضعف عدد الجسيمات.



المعرفة دع الطلبة يطبقوا ما تعلموه عن ارتفاع درجة الغليان، وانخفاض درجة التجمد؛ لتفسير لماذا يكون مضاد التجمد مادة مبردة في الصيف، وواقياً للمحرك من التجمد في الشتاء؟

ض م

تطبيقات الكيمياء

مضاد التجمد لدى بعض الحيوانات خواص تكيف، تسمح لها بالعيش في درجات حرارة دون درجات التجمد؛ فالسمك الذي يعيش في منطقة القطب الجنوبي، ينتج البروتينات والجلايكوبروتينات التي تعمل مضادات للتجمد، كما تستعمل بعض الحيوانات الزاحفة الجلوكوز، والجليسيرول للغرض نفسه.



المعرفة اطلب إلى الطلبة حل المسألة الآتية مضمّنين حلولهم تفسيراً مكتوباً عن الخطوات التي استعملوها للوصول إلى الحل. ما كتلة الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ، التي تسبب ارتفاعاً في درجة الغليان مساوياً للارتفاع الناتج عن وجود 171 g من السكر $C_{12}H_{22}O_{11}$ ؟ 90.0 g من الجلوكوز. ض م

الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation

لأن المذاب غير المتطاير يقلل الضغط البخاري للمذيب فإنه يؤثر في درجة غليان المذيب. تذكر أن السائل يغلي عندما يعادل ضغطه البخاري الضغط الجوي. وعندما ترتفع درجة حرارة المحلول المحتوي على مذاب غير متطاير إلى درجة غليان المذيب النقي فإن ضغط البخار الناتج يبقى أقل من الضغط الجوي، لذا لا يغلي المحلول. ولذلك يجب تسخين المحلول إلى درجة حرارة أعلى لتزويده بالطاقة الحركية الإضافية اللازمة لرفع الضغط البخاري له إلى ما يعادل الضغط الجوي. ويسمى الفرق بين درجة حرارة غليان المحلول ودرجة غليان السائل النقي **الارتفاع في درجة الغليان**.

وتتناسب قيمة ارتفاع درجة الغليان، والتي يرمز لها بالرمز ΔT_b ، تناسباً طردياً مع مولالية محلول المواد غير المتأينة.

الارتفاع في درجة الغليان

ΔT_b تمثل ارتفاع درجة الغليان

$$\Delta T_b = K_b m'$$

K_b تمثل ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي

m' تمثل مولالية المحلول

إن فرق درجة الحرارة يساوي ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي مضروباً في مولالية المحلول.

كما أن ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالي K_b ، هو الفرق بين درجات الغليان لمحلول يحتوي $1 \text{ m}'$ من مذاب غير متطاير وغير إلكتروني والمذيب النقي. والوحدة المستعملة للتعبير عن ارتفاع درجة الغليان هي $^\circ\text{C} / \text{m}'$ وتختلف باختلاف المذيبات. يبين الجدول 2-4 قيم K_b لعدد من المذيبات الشائعة. لاحظ أن قيمة K_b للماء = $0.512 \text{ }^\circ\text{C} / \text{m}'$. وهذا يعني أن $1 \text{ m}'$ من محلول مائي يحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين يغلي عند درجة حرارة $100.512 \text{ }^\circ\text{C}$ وهذه الدرجة أعلى $0.512 \text{ }^\circ\text{C}$ من درجة غليان الماء النقي $100.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

وكما أن الانخفاض في الضغط البخاري خاصة جامعة فإن الارتفاع في درجة الغليان بعد أيضاً خاصة جامعة. وتتناسب قيمة الارتفاع في درجة الغليان تناسباً طردياً مع مولالية المذاب في المحلول، أي أنه كلما زاد عدد جسيمات المذاب في المحلول زادت درجة الغليان. ولأن المولالية مرتبطة مع الكسر المولي الذي يتضمن عدد جسيمات المذاب، لذا فهي تستعمل للدلالة على التركيز. وتستعمل المولالية أيضاً كتلة المذيب بدلاً من حجمه، ولذلك لا تتأثر المولالية بتغير درجة الحرارة. انظر إلى الشكل 18-2 ولاحظ أن منحنى المحلول يقع أسفل منحنى المذيب عند أي درجة حرارة.

ثابت الارتفاع في درجة الغليان المولالي K_b		الجدول 2-4
$K_b \text{ }^\circ\text{C} / \text{m}'$	درجة الغليان $^\circ\text{C}$	المذيب
0.512	100.0	الماء
2.53	80.1	البنزين
5.03	76.7	كلوريد الكربون
1.22	78.5	الإيثانول
3.63	61.7	الكلوروفورم

مشروع الكيمياء

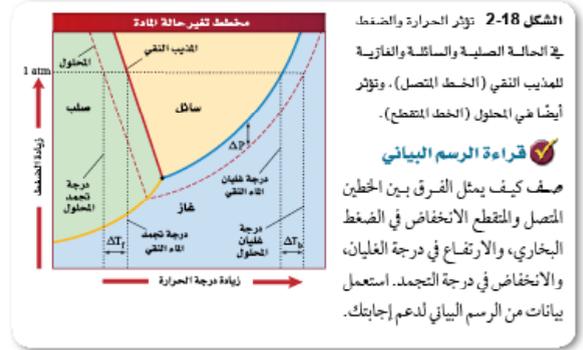
انصهار الجليد اطلب إلى الطلبة تصميم خطة لاستقصاء انصهار الجليد في الماء النقي، وفي الماء المالح. هل يمكن أن يكون معدل الانصهار واحداً في كلا المحلولين؟ ويمكن للطلبة البحث أيضاً في أثر اختلاف تركيز الملح في محاليل المياه المالحة في انصهار الجليد. دعهم يفسروا أية اختلافات قد يحصلون عليها من التجارب.

ض م

■ **إجابة سؤال الرسم البياني** انخفاض الضغط البخاري (ΔP)،
يمثل الفرق بين الخطّ الكامل، والمتقطّع، عند حدود (السائل -
الغاز)، كما يمثل الارتفاع في درجة الغليان (ΔT_b) الفرق
بين درجة الغليان الاعتياديّة على الخطّ الكامل، ونقطة التماثل
على الخطّ المتقطّع. وبالمثل يمثل الانخفاض في درجة التجمّد
(ΔT_f) الفرق في درجة التجمّد الاعتياديّة للماء.

التلمّ البصريّ

مخطط الرحالة اطلب إلى الطلبة شرح مخطط الحالة باستعمال
كل محور بصورة منفردة، وعند إعتقاد محور درجة الحرارة في
شرحهم دعهم يوضحوا المخطط من حيث خواص الماء. يمثل
الجزء الأيسر للمخطط الحالة الصلبة ويمثل الجزء الأوسط
الحالة السائلة ويمثل الجزء الأيمن الحالة الغازية. وعند إعتقاد
محور الضغط، دع الطلبة يوضحوا المخطط من حيث ماذا يحدث
للمواد عند تعرضها لضغوط عالية جدًا. يمثل جزء المخطط
عند نقطة الضغط العالي الحالة الصلبة، ويمثل الجزء الآخر
الحالة السائلة، ويمثل الجزء عند أخفض نقطة ضغط الحالة
الغازية. **ض م**



الانخفاض في درجة التجمّد Freezing Point Depression

ليس للجسيمات طاقة حركية كافية عند درجة تجمّد المذيب للتغلب على قوى التجاذب بينها، لذا ترتب الجسيمات في بنية أكثر تنظيمًا في الحالة الصلبة منها في المحلول. أما في المحلول فتتداخل جسيمات المذاب مع قوى التجاذب بين جسيمات المذيب، مما يمنع المذيب من الوصول إلى الحالة الصلبة عند درجة التجمّد.

وتكون درجة تجمّد المحلول دائمًا أقل من درجة تجمّد المذيب النقي. يبين الشكل 2-18 الفرق بين درجات الغليان والتجمّد للماء النقي والمحلول المائي. وعند مقارنة الخطوط المنصّلة والمتقطّعة تستطيع أن تلاحظ أن نطاق درجة الحرارة للمحلول المائي في الحالة السائلة أكبر من الماء النقي. ويبين الشكل 2-19 تطبيقين شائعين لاستعمال الملح لتقليل درجة تجمّد المحلول المائي.

الشكل 2-19 تعمل إضافة الأملاح إلى الجليد على الطريق على تقليل درجة تجمّد الجليد مما ينتج عنه انصهار الجليد. وتعمل إضافة الملح عند صنع المتعلّبات على تقليل درجة التجمّد. مما يسمح للماء بتجميد المتعلّبات.



دفتّر الكيمياء

رش الطرقات بالملح يستعمل الملح الصخريّ بكثرة؛ لصهر الجليد من الطرقات شتاءً. دع الطلبة يقارنوا بين العوامل الإيجابية لاستخدام الملح (تقليل حوادث الطرق)، والعوامل السلبية له مثل: (صدأ السيارات والجسور، والتلف السريع للطرقات، وقتل النباتات النامية على جوانب الطرق). **ض م**

المختبر الصغير

الهدف يستكشف الطلبة أثر المذيب على درجة تجمّد المحلول.

مهارات عملية القياس، والمقارنة، والتوقع.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلبة الأطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. ارتدِ معطف المختبر، والنظارات الواقية خلال العمل في المختبر.

استراتيجيات التدريس

• يجب أن يقرأ الطلبة البند 4-2 قبل البدء في التجربة.

• استعمل نتائج هذه التجربة لبدء مناقشة مفصلة لدور الكيمياء في صنع الثلجات المنزلية.

• ذكّر الطلبة بعدم استعمال الثرمومتر كساق تحريك.

النتائج المتوقعة

يعمل الملح على خفض درجة التجمّد للماء من 4°C إلى 6°C .

التحليل

1. يجب أن تنخفض درجة تجمّد الماء ما بين 6°C - 4°C عند إضافة الملح، وذلك لتداخل الأيونات مع قوى التجاذب بين جزيئات الماء، وبالتالي تمنع الماء من التجمّد عند درجة تجمّده الاعتيادية 0°C .

2. يعمل الدورق الذي يحتوي على جليد فقط كمتغيّر ضابط.

3. يؤثّر عدد الجسيمات في المحلول على الخواصّ الجامعة للمحلول، وذلك لأنّ 1 mol من كلوريد الصوديوم ينتج 2 mol من الأيونات في المحلول، ولذا يكون أثره أكبر على درجتي التجمّد والغليان من المذاب الذي يُنتج 1 mol من الجسيمات في المحلول.

4. ملح المائدة الناعم هو الخيار الأفضل؛ لأنّه يذوب بسرعة أكبر في المياه الباردة من الملح الصخريّ الخشن، وبالتالي ينتج انخفاض في درجة التجمّد أكبر، وبطريقة أسرع.

الانخفاض في درجة تجمّد المحلول، ΔT_f هو الفرق بين درجة تجمّد المحلول ودرجة تجمّد المذيب النقي الموجود في المحلول. يبين الجدول 2-5 ثابت الانخفاض في درجة التجمّد المولالي (k_f) لكثير من المذيبات. هذا ويتناسب قيم الانخفاض في درجة التجمّد للمواد غير المتأينة تناسباً طردياً مع مولالية المحلول.

الجدول 2-5	ثابت الانخفاض في درجة التجمّد المولالي k_f	المتذب
K_f ($^{\circ}\text{C}/m$)	درجة التجمّد $^{\circ}\text{C}$	
1.86	0.0	الماء
5.12	5.5	البنزين
29.8	-23.0	رابع كلوريد الكربون
1.99	-114.1	الإيثانول
4.68	-63.5	الكلوروفورم

الانخفاض في درجة التجمّد

ΔT_f تمثل درجة الحرارة

$$\Delta T_f = K_f m$$

K_f ثابت الانخفاض في درجة التجمّد

m تمثل المولالية

الفرق في درجة الحرارة يساوي حاصل ضرب ثابت الانخفاض في درجة التجمّد في مولالية المحلول.

وكما هو الحال مع قيم k_b فإن قيم k_f خاصة بالمذيب. ولأن قيمة ثابت انخفاض درجة التجمّد للماء = $1.86^{\circ}\text{C}/m$ (k_f)، فسيجمد محلول مائي تركيزه $1m$ ، ويحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين عند درجة 1.86°C - وهي أقل من درجة تجمّد الماء النقي عند 0.0°C . ويعد الجلوسول أحد المذيبات غير المتأينة الذي تنتجه الكثير من الأسلاك والحشرات لحماية دماغها من التجمّد في الشتاء القارس. وكذلك فإن مقاوم التجمّد ومانع تكوين الجليد يحتوي على مذيب غير متأين، هو جليكول الإيثيلين. لاحظ أن معادلات الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمّد تحدّد مولالية المواد غير المتأينة، أما في حالات المواد المتأينة، فيجب استعمال المولالية الفاعلة للمحلول، كما يوضحها المثال 6-2.

المختبر الصغير

الانخفاض في درجة التجمّد

كيف يمكنك قياس الانخفاض في درجة التجمّد؟

الخطوات

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. املأ كأسين سعة كل منهما 400 ml بالجليد الجروش، وأضف 50 ml من مياه الصنبور البارد إلى كل من الكأسين.

3. قس درجة حرارة كل من الكأسين باستعمال ميزان حرارة (ثيرموميتر) غير رقمي.

4. حرك محتويات كل كأس باستعمال عصا تحريك مدة دقيقة واحدة.

5. أضف 75 g من الملح الصخري NaCl إلى إحدى الكأسين، وتابع التحريك في كتنا الكأسين، فسيذوب بعض الملح.

6. عندما تثبت درجة الحرارة، قم بتسجيل القراءة النهائية في كتنا الكأسين.

7. وللخلص من النفايات اسكب محتويات كل كأس في زجاجة النفايات.

التحليل

1. قارن قراءات درجات حرارة الماء المتجمّد والماء المالح. بم تتسرّ تغير درجة الحرارة؟

2. فسّر لماذا تمت إضافة الملح إلى إحدى الكأسين فقط؟

3. فسّر الملح عبارة عن مادة متأينة قوية تنتج أيونين Na^+ و Cl^- عندما تتفكك في الماء. فسّر لماذا يعد من الأمور المهمة أخذ هذا التفكك بعين الاعتبار عند حساب الخاصية الجامعة للانخفاض في درجة التجمّد؟

4. توقع ما إذا كان من الأفضل استعمال الملح الصخري الخشن. أم ملح المائدة الناعم عند صنع الآيس كريم المنزلية. فسّر إجابتك.

التقويم



المعرفة اطلب إلى الطلبة حساب درجة التجمّد لمحلول الجلوكوز المائيّ (محلول غير متأين) بتركيز 2.5 M. جواب: -4.68°C

التغيرات في درجات التجمد والغليان يستعمل كلوريد الصوديوم NaCl عادة لمنع تكون الجليد على الطرقات ولتجميد الثلجات (الآيس كريم). ما درجتا غليان وتجمد محلول مائي من كلوريد الصوديوم تركيزه 0.029 m^3 ؟

1 تحليل المسألة

أعطيت مولالية المحلول المائي لكلوريد الصوديوم. أولاً أحسب ΔT_b و ΔT_f اعتماداً على عدد الجسيمات في المحلول. ثم حدد الارتفاع في درجة الغليان والانخفاض في درجة التجمد، أضف ΔT_b إلى درجة الغليان واطرح ΔT_f من درجة التجمد.

المعطيات

المذاب= كلوريد الصوديوم NaCl
المولالية = 0.029 m^3

المطلوب
درجة الغليان=? °C
درجة التجمد=? °C

2 حساب المطلوب

أحسب مولالية الجسيمات

$$m^3 = 0.029 \text{ m}^3 \times 2 = 0.058 \text{ m}^3$$

$$\Delta T_b = K_b m^3$$

$$\Delta T_f = K_f m^3$$

ضع العلاقات الرياضية للارتفاع في درجة الغليان

والانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_b = (0.512^\circ\text{C}/\text{m}^3)(0.058\text{m}^3) = 0.030^\circ\text{C} \quad K_b = 0.512^\circ\text{C}/\text{m}^3, K_f = 1.86^\circ\text{C}/\text{m}^3$$

$$\Delta T_f = (1.86^\circ\text{C}/\text{m}^3)(0.058\text{m}^3) = 0.11^\circ\text{C} \quad m^3 = 0.058\text{m}^3$$

أحسب درجة الغليان بعد الارتفاع ودرجة التجمد بعد الانخفاض للمحلول.

$$T_b = 0.30^\circ\text{C} + 100.000^\circ\text{C} = 100.030^\circ\text{C}$$

$$T_f = 0.00^\circ\text{C} - 0.11^\circ\text{C} = -0.11^\circ\text{C}$$

أضف ΔT_b إلى درجة الغليان

واطرح ΔT_f من درجة التجمد

3 تقويم الإجابة

تكون درجة الغليان أعلى، ودرجة التجمد أقل، كما هو متوقع.

مسائل تدريبية

36. ما درجات الغليان والتجمد لمحلول مائي تركيزه 0.625 m^3 لأي مذاب غير متطاير وغير متأين؟

37. ما درجات الغليان والتجمد لمحلول سكروز في إيثانول تركيزه 0.40 m^3 ؟

38. تم اختبار محلول تركيزه 0.045 m^3 يحتوي على مذاب غير متطاير وغير متأين، ووجد أن الانخفاض في درجة تجمده بلغ 0.08°C . ما قيمة ثابت الانخفاض في درجة تجمده K_f ؟ وما المذيب المناسب في هذه الحالة: الماء أو الإيثانول أو الكلورفورم؟

مثال في الصف

سؤال ما درجات التجمد والغليان لمحلول كلوريد الكالسيوم CaCl_2 تركيزه 0.16 m^3 ؟

الإجابة

$$\text{درجة الغليان} = 100.25^\circ\text{C}$$

$$\text{درجة التجمد} = -0.89^\circ\text{C}$$

$$\text{مولالية الجسيمات} = 0.16 \times 3 = 0.48 \text{ m}^3$$

$$\Delta T_b = K_b m^3$$

$$= (0.512^\circ\text{C}/\text{m}^3)(0.48 \text{ m}^3)$$

$$= 0.25^\circ\text{C}$$

$$\text{درجة الغليان} = 100.0^\circ\text{C} + 0.25^\circ\text{C}$$

$$= 100.25^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m^3$$

$$= (1.86^\circ\text{C}/\text{m}^3)(0.48 \text{ m}^3)$$

$$= 0.89^\circ\text{C}$$

$$\text{درجة التجمد} = 0.0^\circ\text{C} - 0.89^\circ\text{C}$$

$$= -0.89^\circ\text{C}$$

مسائل تدريبية

36. -1.16°C ، 100.320°C

37. -114.9°C ، 79.0°C

38. $1.86^\circ\text{C}/\text{m}^3$ ، الماء

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة القيام بالبحث عن دور الكليتين في جسم الإنسان، وأيضاً عن العملية الطبية المعروفة بغسل الدم. دعهم يفسروا كيفية استعمال الخاصية الأسموزية - وهي خاصية جامعة - في هذه العملية الطبية. **ف م**

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بالخواص الجامعة الأربع، وتفسيرها بالاعتماد على الضغط البخاري. **ض م**

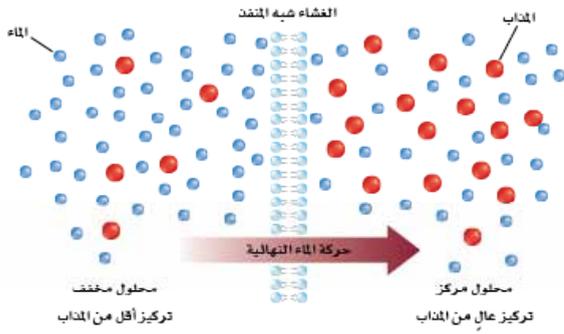
إعادة التدريس

دع الطلبة يعملوا في مجموعات ثنائية، وأن يختبر بعضهم معلومات بعض، فيما يتعلّق بالخواص الجامعة، وتعريفاتها وتطبيقاتها العملية. **ض م**

التوسّع

اطلب إلى الطلبة كتابة رسالة إلى دائرة الطرق في منطقتهم أو في بلدهم؛ يسألونهم عن الموادّ المستعملة لرشّ الطرق في فترة الشتاء. ابحث إذا ما تعيّرّت، الموادّ والطرق المستعملة عبر الزمن، وما أسباب التغيير إن وجد. **ض م**

الشكل 2-20 تنتشر المذيبات بسبب الخاصية الأسموزية من التركيز الأقل إلى التركيز الأكثر خلال أغشية شبه منفذة.



الضغط الأسموزي Osmotic Pressure

من المعروف إن الانتشار هو اختلاط الغازات أو السوائل، الناتج عن حركتها العشوائية. الخاصية الأسموزية هي انتشار المذيب خلال غشاء شبه منفذ. والأغشية شبه المنفذة حواجز تسمح لبعض الجسيمات بالعبور. والأغشية التي تحيط بالخلايا الحية جميعها عبارة عن أغشية شبه منفذة. وتلعب الخاصية الأسموزية دورًا مهمًا في عدة أنظمة بيولوجية، منها امتصاص الغذاء في النباتات. يبين الشكل 2-20 نظامًا يكون فيه المحلول المخفف مفصولًا عن المحلول المركز بغشاء شبه منفذ. تتحرك جزيئات الماء خلال العملية الأسموزية في الاتجاهين عبر الغشاء، ولكن جزيئات المذاب لا تستطيع العبور. وتنتشر جزيئات الماء عبر الغشاء من المحلول المخفف إلى المحلول المركز. وتسمى كمية الضغط الإضافي الناتج عن انتقال جزيئات الماء إلى المحلول المركز **الضغط الأسموزي**. ويعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في كمية محددة من المحلول، وهو خاصية جامعة للمحاليل.

التقويم 2-3

الخلاصة

39. **المعرفة الرئيسية** فسر طبيعة الخواص الجامعة.
40. اشرح الخواص الجامعة الأربعة للمحاليل.
41. فسر لماذا يكون للمحلول درجة غليان أعلى من درجة غليان المذيب النقي؟
42. حل يغلي محلول مائي من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 عند درجة حرارة 101.3°C ما كتلة كلوريد الكالسيوم بالكيلوجرام kg التي تذوب في 1000 g من المذيب؟
43. احسب الارتفاع في درجة الغليان لمحلول يحتوي على 50 g من الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ مذابة في 500.0 g من الماء. ثم احسب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول نفسه.
44. فسر لماذا يكون الضغط البخاري لمحلول أقل من الضغط البخاري للمذيب؟
45. تحقّق حدّد فني مختبر الارتفاع في درجة الغليان لمحلول مائي مذاب غير متأين وغير متطاير بـ 1.12°C . ما مولالية المحلول؟

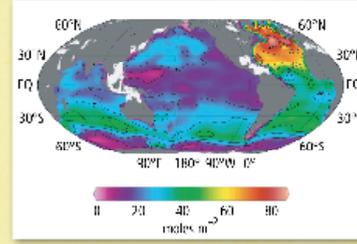
التقويم 2-3

41. قلل جسيمات المذاب في المحلول الضغط البخاري فوق المحلول، وذلك لأن المحلول يغلي عندما يتساوى ضغطه البخاري مع الضغط الخارجي، وبالتالي ينتج عن هذا الانخفاض في البخار الحاجة إلى درجة حرارة أعلى؛ لكي يتمكن المحلول من الغليان.
42. 0.0936 Kg
43. $\Delta T_b = 0.285^\circ\text{C}$; $\Delta T_f = 1.03^\circ\text{C}$
44. عندما يحتوي المذيب على مذاب، فإن القليل من جسيمات المذيب توجد عند السطح، وجسيمات قليلة أخرى تتطاير وتتحول إلى الحالة الغازية.
45. 2.19 m

39. تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.
40. الانخفاض في الضغط البخاري: الانخفاض في ضغط البخار مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.
- الارتفاع في درجة الغليان: زيادة درجة الحرارة مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.
- الانخفاض في درجة التجمد: انخفاض درجة التجمد مع نقصان جسيمات المذاب في المحلول.
- الضغط الأسموزي: تغيير الضغط الأسموزي مع زيادة جسيمات المذاب في المحلول.

في المبداء

يلحق ضرراً، أو حتى يقتل المخلوقات البحرية. فعلى سبيل المثال أظهرت الشعب المرجانية المنتشرة في مختلف أنحاء العالم دلائل إجهاد؛ نتيجة زيادة مستوى CO_2 الذائب في الماء.



شغل 1 تمثل الألوان الحمراء والصفراء والخضراء المناطق التي فيها مستويات عالية من CO_2 الذائب في الماء.

الحجز في أعماق البحار Deep ocean sequestration

هناك اقتراح قد يقلل من كمية CO_2 الجوي، ويحمي الحياة في الجزء العلوي من المحيط، وهو تسهيل غاز CO_2 ، ثم ضخه إلى طبقات المياه السفلى، وتسمى هذه العملية الحجز في أعماق البحار. هناك تصور بأن الضغط الشديد في الأعماق (أكبر من 3000 m) شأنه أن يحول CO_2 إلى هيدرات تذوب في أعماق مياه المحيطات، ولكن سيبقى CO_2 عالقاً لمئات السنين بعيداً عن الجزء العلوي للمحيط والغلاف الجوي.

بحوث مستمرة Ongoing research

يعمل العلماء لإيجاد إجابات عن كثير من الأسئلة حول أثر CO_2 على المخلوقات التي تعيش في الأعماق. ولا تزال هناك الكثير من المشاكل التقنية المتعلقة بعملية جمع CO_2 وتخزينه ونقل كميات كبيرة منه. وإذا تم حل هذه المشاكل التقنية فإن على الرأي العام والمسؤولين الأخذ بعين الاعتبار الأخطار المتعلقة بانبعاث CO_2 في الهواء وفي المحيطات.

الكتابة في الكيمياء

عصف ذهني يجب الإجابة عن مجموعة من الأسئلة من خلال البحث قبل محاولة البدء في حجز ثاني أكسيد الكربون في أعماق البحار.

في المبداء*

مهن: كيميائي البيئة

مطلوب CO_2

تشير السجلات الجيولوجية إلى أن مستويات ثاني أكسيد الكربون CO_2 الجوي أعلى كثيراً في الوقت الحاضر مقارنة بالعشرين مليون سنة الماضية؛ وقد ساهمت المصادر التي صنعها الإنسان في زيادة CO_2 إلى الحد الذي وصل إليه الآن في الغلاف الجوي. ولكن لا يبقى CO_2 في الغلاف الجوي إلى أجل غير مسمى؛ إذ تحتوي المحيطات بشكل طبيعي على CO_2 الذي يأتي من الغلاف الجوي، ومن المخلوقات الحية. وتقوم المحيطات بامتصاص 50% من CO_2 المنبعث من مصادر صنعها الإنسان. ويعتقد بعض العلماء أنه خلال السنين الألف القادمة سيذوب 90% منه في المحيطات.

جمع البيانات عن CO_2 Collecting CO_2 data

تتأثر سرعة ذوبان CO_2 في المحيطات بعدة عوامل، منها درجة الحرارة، وتركيز CO_2 في الهواء والماء، واختلاط الماء مع الهواء بسبب الرياح، وحركة الأمواج. لقد قضى فريق من الباحثين عدة سنوات لجمع وتحليل البيانات حول CO_2 ، وذلك من آلاف نقاط الجمع في المحيطات حول العالم. وتوضح بيانات الشكل 1 أن شمال المحيط الأطلسي يحتوي على أكبر كمية من CO_2 لكل متر مربع من سطح المحيط. حيث تجعل عوامل درجة الحرارة والعمق والتيارات البحرية من شمال المحيط الأطلسي ماصاً فعلاً لغاز CO_2 المنبعث من مصادر صنعها الإنسان.

جمع وتخزين CO_2 CO_2 capture and storage

هناك طريقة واحدة لتقليل كمية CO_2 المنطلقة إلى الغلاف الجوي، وهي جمع وتخزين CO_2 الناتج عن حرق الوقود الأحفوري. يقوم العلماء في البحث عن احتمالية حقن CO_2 الذي تم جمعه مباشرة في المحيط؛ وذلك لتسريع عملية ذوبانه؛ حيث تقلل هذه العملية من أثر البيت الزجاجي لغاز CO_2 . ومع ذلك يمكن أن يؤدي اختلال التوازن الطبيعي لثاني أكسيد الكربون CO_2 الذائب إلى آثار بالغة على كيميائية المياه، مما قد

* للاطلاع فقط

الهدف

على الطلبة تحديد مواقع محيطات العالم التي يذوب فيها أكبر كمية من CO_2 ، ووصف عملية الحجز في أعماق البحار، ثم تقويم الأسئلة المتعلقة بالفكرة، والتي تحتاج إلى بحث أعمق.

الخلفية

تتضمن عملية البحث والاطلاع عن "الحجز في أعماق البحار" مدخلين أساسيين، ولكن لا تزال هنالك تساؤلات تتعلق بكلا مدخلين؛ يشتمل المدخل الأول على استعمال تقنية حقن CO_2 المتاحة بشكل مباشر في مواقع أعماق البحار، إلا أن البيانات المتوفرة غير كافية لتقويم فعالية المنهج، والآثار البيئية المتوقعة، والتي تشمل زيادة الحمضية في البيئة البحرية. ويشمل المدخل الثاني تعزيز حجز الكربون الطبيعي بإضافة المغذيات إلى سطح مياه المحيط، والتي من شأنها أن تشجع نمو النباتات المغمورة، أو المعلّقة (عوالق نباتية)؛ وذلك لزيادة أعداد العوالق النباتية، واستهلاك كميات أكبر من CO_2 ، مما يساعد على سحب كميات أكبر من CO_2 من الغلاف الجوي إلى الماء. ولكن لم يتم تحديد الآثار البيئية المحتملة إلى الآن.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة دراسة الشكل 1 وذلك لتصنيف ترتيب مواقع المحيطات اعتماداً على تركيز CO_2 ، واطلب إليهم البحث عن أنماط في البيانات، ويجب على الطلبة الأخذ بعين الاعتبار كيفية ارتباط الأنماط التي تمت ملاحظتها بعوامل محدّدة مؤثرة في معدل ذوبان CO_2 في مياه المحيط.
- بعد اتمام النشاط، اطلب إلى الطلبة تكوين رأي حول مزايا حجز CO_2 في أعماق المحيطات بكميات كبيرة مقابل المشاكل البيئية المحتملة التي قد تظهر بسبب هذه العملية.

الكتابة في الكيمياء

العصف الذهني تنوع الإجابات، وقد تتضمن الأسئلة الآتية: ما التأثيرات القصيرة والطويلة المدى الناتجة عن تعرّض المخلوقات الحية، ونظام البيئة البحرية المرتفع في أعماق المحيط لتركيز عالٍ من CO_2 لفترات طويلة؟ ما الفترة التي يمكن حجز CO_2 السائل خلالها؟ وما العواقب المحتملة إذا لم تبقى المستويات المرتفعة من CO_2 عند أعماق تزيد عن 3000 m لفترات طويلة جداً؟ كيف يؤثر نقصان مستويات CO_2 في الغلاف الجوي على المناخ العالمي؟ كيف تؤثر الأحداث الجيولوجية (الزلازل وحركة الصفائح) على مناطق حجز CO_2 ؟

مختبر الكيمياء

الإعداد

الزمن 30 دقيقة.

المهارات العملية الملاحظة والاستنتاج، والمقارنة، والإدراك، والتمييز بين السبب والنتيجة، والتفكير الناقد، وجمع وتنظيم البيانات، وتفسير البيانات، والقياس، والاختبار، والتحليل والاستنتاج.

احتياطات السلامة مراجعة احتياطات السلامة عند التعامل مع كبريتات النحاس II المائية قبل إجراء التجربة.

التخلص من النفايات تُعدّ الكميات القليلة من محلول كبريتات النحاس II المائية آمنة لغسلها؛ إذا تمّ ربطها بنظام الصرف الصحيّ. راجع المتطلبات المحليّة.

طريقة بديلة للتخلص من النفايات قم بتبخير الماء، وتخلص من البقايا الجافّة في المكان المخصص لذلك.

تحضير المواد

بلورات كبريتات النحاس II المائية بكتلة 0.2 g هي الخيار الأفضل للتحضير.

خطوات العمل

- يمكن استعمال مادة صلبة أيونيّة أخرى مثل الملح الصخريّ.
- تأكد من تحضير بلورات متشابهة في الحجم تقريباً.
- دع الطلبة يلاحظوا التغيرات في المادة الصلبة والمحلول.
- يساعد وضع ورقة بيضاء خلف أنابيب الفحص على إظهار الفروق البسيطة في اللون.
- معالجة المشاكل من المهم جداً ألاّ يعكّر الطلبة أنابيب الاختبار خلال رجّ الأنبوب الثاني والرابع.

حلل واستنتج

1. احتوت أنابيب الاختبار التي تمّ تحريكها على محاليل أغمق بشكل أوضح من الأنبوب الأول والثالث اللذين بقيا صافيين لأنها لم يتحرّكا، وقد احتوى الأنبوب الرابع على أغمق محلول.

مختبر الكيمياء

استقصاء العوامل المؤثرة في الذوبانية

الخطية تتضمن عملية تحضير محلول اتصال جسيمات المذيب بالذاب. فعند إضافة مركب قابل للذوبان إلى الماء تؤثر عدة عوامل في سرعة تكوين المحلول.

سؤال كيف تؤثر هذه العوامل على سرعة تكوين المحلول؟

المواد والأدوات اللازمة

كبريتات النحاس II المائية	حامل أنابيب اختبار
ماء مقطر	هاون (مدق)
6 أنابيب اختبار	ملعقة
غبار مدرج سعته 25 ml	ساعة
ساق تحريك زجاجية	
ماسك أنابيب	

إجراءات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. صمم جدولاً لتسجيل البيانات.
3. اكتب فرضية تستعمل ما تعرفه عن سرعة التفاعل لتفسر ما يمكن ملاحظته.
4. ضع الأنابيب الستة على حامل الأنابيب.
5. ضع بلورة من كبريتات النحاس II المائية في الأنبوب الأول والثاني.
6. استعمل الهاون والمدق لطحن البلورات في بقية الأنابيب واستعمل الملعقة لكشطها ووضعها في الأنبوب الثالث.
7. قس 15 ml من الماء المقطر عند درجة حرارة الغرفة، ثم اسكبها في أنبوب الاختبار الأول وسجل الزمن.
8. لاحظ المحلول في الأنبوب الأول بعد إضافة الماء مباشرة وبعد 15 دقيقة.
9. اترك الأنبوب الأول دون أي حركة على حامل الأنابيب.
10. كرر الخطوات 7 و8 مع الأنبوبين الثالث والرابع.
11. استعمل ساق التحريك الزجاجية لتحريك أنبوب الاختبار الثاني مدة دقيقة أو اثنتين.
12. اترك الأنبوب الثالث دون تحريك.



13. حرك المحلول في الأنبوب الرابع باستعمال ساق التحريك الزجاجية مدة دقيقة أو اثنتين.
14. كرر الخطوات 7 و8 مع الأنبوب الخامس باستعمال ماء أكثر برودة، واركب الأنبوب بلا تحريك.
15. كرر الخطوات 7 و8 مع الأنبوب السادس باستعمال ماء ساخن، واركب الأنبوب بلا تحريك.
16. **التنظيف والتخلص من النفايات** تخلص من بقايا المواد الصلبة والمحاليل باتباع إرشادات معلمك. نظف معدات المختبر جميعها، وأعدّها إلى أماكنها الأصلية.

حلل واستنتج

1. **المقارنة** ما التأثير الذي لاحظته عند تحريك الأنبوب الثاني والرابع مقارنة بالأنبوب الأول والثاني؟
2. **الملاحظة والاستنتاج** ما العامل الذي أدى إلى تكوين المحلول بسرعة في الأنبوب الرابع مقارنة بالأنبوب الثاني؟
3. **إدراك النتيجة والسبب** لماذا اختلفت النتائج بين الأنابيب الثالث والرابع والسادس؟
4. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك قد دعمت فرضيتك؟
5. **تحليل الخطأ** عرف مصدر الخطأ الرئيسي المحتمل في التجربة، واقترح طريقة سهلة لتصحيحه.

استقصاء موسّع

التفكير الناقد كانت الملاحظات الناتجة عن هذه التجربة يمكن رؤيتها بالعين المجردة في الطبيعة. اقترح تفسيراً تحت مجهرى (لا يمكن ملاحظته) لأثر هذه العوامل في سرعة تكوين المحلول، وما يحدث على مستوى الجزيئات لتسريع تكوين المحلول في كل حالة؟

2. كان معدل سرعة الذوبان في أنبوب الاختبار الرابع أكبر ما يمكن، وذلك بسبب طحن البلورات؛ لأنّ طحن المادة الصلبة يزيد المساحة السطحيّة لها، ممّا يسبّب ذوبانها بسرعة أكبر.
3. كان ذوبان المادة الصلبة في الأنبوب السادس هو الأسرع، بسبب ازدياد درجة الحرارة، بينما قلل الماء البارد في الأنبوب الخامس من سرعة ذوبان المادة الصلبة.
4. ستتنوع الإجابات
5. المصدر الأساسي المحتمل للخطأ هو حجم البلورات، فإذا كان حجم البلورات كثير التباين ستغير النتيجة.

استقصاء موسّع

تعتمد عمليّة تكوّن المحلول على تفاعل المذاب والمذيب. وأيّة عمليّة من شأنها زيادة هذه التفاعلات، ستؤدي بالآتي إلى زيادة معدّل تكوين المحلول.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

لتعزيز معرفة الطلبة بمفردات هذا الفصل اطلب إليهم كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل. **ضم**

استراتيجيات المراجعة

• اطلب إلى الطلبة تنظيم مصطلحات هذا الفصل في مجموعات: محلول فوق المشبع، ومحلول مشبع، ومحلول غير مشبع؛ محلول مخفف ومحلول مركز؛ المولالية والمولارية؛ النسبة المئوية بالكتلة وبالحجم. كما يجب أن يدرك الطلبة وجه التشابه والاختلاف فيما بينها. **ضم**



يمكن للطلبة زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- التقدم لاختبار الفصل، والاختبار المقنن.

الفكرة العامة يوجد المحلول في صورة غاز أو سائل أو صلب اعتماداً على الحالة الفيزيائية للمذيب.

2-1 تركيز المحاليل

الفئة الرئيسية يمكن التعبير عن التركيز بالنسبة المئوية أو بالمول.

المفاهيم الرئيسية

• يقاس التركيز كميًا ونوعيًا.

• المولارية هي عدد مولات المذاب في 1L من المحلول.

$$\frac{\text{مولات المذاب}}{\text{لترات المحلول}} = M$$

• المولالية هي نسبة عدد مولات المذاب في 1 kg من المذيب.

$$\frac{\text{مولات المذاب}}{\text{كيلو جرام المذيب}} = m$$

• لا يتغير عدد مولات المذاب خلال التخفيف. $M_1V_1 = M_2V_2$

المفردات

- المادة الذائبة
- المادة غير الذائبة
- السوائل غير المتزوجة
- التركيز
- المولارية
- المولالية
- الكسر المولي

2-2 العوامل المؤثرة في الذوبان

الفئة الرئيسية يؤثر كل من الحرارة والضغط والقطبية في تكوين المحاليل.

المفاهيم الرئيسية

• تتضمن عملية الذوبان إحاطة جزيئات المذيب بجزيئات المذاب.

• يكون المحلول غير مشبع أو مشبعًا أو فوق مشبع.

• ينص قانون هنري على أن ذوبانية الغاز في سائل تتناسب طرديًا مع ضغط الغاز فوق السائل عند درجة حرارة معينة.

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

المفردات

- الذوبان
- حرارة المحلول
- المحلول غير المشبع
- المحلول المشبع
- المحلول فوق المشبع
- قانون هنري

2-3 الخواص الجامعة للمحاليل

الفئة الرئيسية تعتمد الخواص الجامعة على عدد جسيمات المذاب في المحلول.

المفاهيم الرئيسية

• تعمل المواد المذابة غير المتطايرة على تقليل الضغط البخاري للمحلول.

• يرتبط الارتفاع في درجة الغليان بشكل مباشر بمولالية المحلول.

$$\Delta T_b = K_b m$$

• يكون الانخفاض في درجة تجمد المحلول أقل من درجة تجمد المذيب النقي.

$$\Delta T_f = K_f m$$

• يعتمد الضغط الأسموزي على عدد جسيمات المذاب في حجم معين.

المفردات

- الخواص الجامعة
- الانخفاض في الضغط البخاري
- الارتفاع في درجة الغليان
- الانخفاض في درجة التجمد
- الخاصية الأسموزية
- الضغط الأسموزي

2-1

إتقان المفاهيم

59. تحضر عماليل متعددة التراكيز من محلول قياسي HCl بشكل متكرر. أكمل الجدول 2-6 بحساب حجم المحلول المركز أو 12 M من حمض الهيدروكلوريك الذي يجب أن يستعمل لتحضير 1.0 L من محلول HCl باستعمال قيم المولارية في القائمة.

الجدول 2-6 محاليل HCl	
حجم محلول HCl 12 M القياسي بوحدة ml	مولارية HCl
	0.50
	1.0
	1.5
	2.0
	5.0

60. كم تحتاج من حمض النتريك بوحدة ml الذي تركيزه 5.0 M لتحضير 225 ml من HNO₃ بتركيز 1.0 M ؟
61. تجربة في المختبر قمت بتخفيف 55 ml من محلول 4.0 M لتحضير 250 ml من هذا المحلول. احسب مولارية المحلول الجديد.
62. ما حجم حمض الفوسفوريك بوحدة ml الذي تركيزه 3.0 M يمكن تحضيره من 95 ml من محلول 5.0 M من H₃PO₄ ؟
63. إذا خففت 20.0 ml من محلول 3.5 M لتحضير محلول حجمه 100.0 ml، فما مولارية المحلول بعد التخفيف ؟
64. ما مولارية محلول يحتوي على 75.3 g من KCl مذابة في 95.0 g من الماء ؟
65. ما كتلة Na₂CO₃ بوحدة g التي يجب إذابتها في 155 g من الماء لعمل محلول مولالته تساوي 8.20 mol/kg ؟
66. ما مولارية محلول يحتوي على 30.0 g من النفتالين C₁₀H₈ الذائب في 500 g من الطولوين ؟
67. ما المولالية والكتلة المئوية لمحلول يحتوي على 35.5% بالكتلة من محلول حمض الميثانويك HCOOH ؟

46. ما الفرق بين النسبة المئوية بالكتلة والنسبة المئوية بالحجم ؟
47. ما الفرق بين المولارية والمولالية ؟
48. ما العوامل التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند إعداد محلول مخفف من محلول قياسي ؟
49. كيف يختلف محلولان من NaCl تركيز أحدهما 0.5 M والآخر 2.0 M ؟
50. تحت أي ظروف يمكن للكيميائي وصف المحلول بدلالة المولالية؟ ولماذا ؟

إتقان المسائل

51. بحسب خطوات العمل في تجربة مختبرية، قمت بخلط 25.0 g من MgCl₂ مع 550 ml من الماء. ما النسبة المئوية بالكتلة لكلوريد الماغنسيوم MgCl₂ في المحلول ؟
52. ما كمية LiCl بالجرامات الموجودة في 275 g من محلوله المائي الذي تركيزه 15% ؟
53. ترغب في تحضير كمية كبيرة من محلول HCl بتركيز 5%، ولكن لديك فقط 25 ml من HCl. ما حجم محلول 5% الذي يمكن تحضيره من حجم HCl ؟
54. احسب النسبة المئوية بالحجم لمحلول يحضر بإضافة 75 ml من حامض الإيثانويك إلى 725 ml من الماء.
55. احسب مولارية محلول يحتوي على 15.7 g من CaCO₃ الذائب في 275 ml من الماء.
56. ما حجم محلول تركيزه 3.00 M تم إعداده بإذابة 122 g من LiF ؟
57. ما عدد مولات BaS التي يمكن استعمالها لتحضير محلول حجمه 1.5 × 10³ ml وتركيزه 10 M ؟
58. ما كتلة CaCl₂ بالجرامات اللازمة لتحضير محلول حجمه 2.0 L وتركيزه 3.5 M ؟

0.70 M .63

10.6 mol /Kg .64

105 g .65

0.468 m .66

12.0 m; 0.177 .67

الفصل

2

2-1

إتقان المفاهيم

46. النسبة المئوية بالكتلة هي النسبة بين كتلة المذاب والكتلة الكلية للمحلول، وأما النسبة المئوية بالحجم فهي النسبة بين حجم المذاب والحجم الكلي للمحلول.
47. المولارية هي تركيز المحلول معبرا عنه بعدد مولات المذاب في حجم المحلول بالتر، بينما تعبر المولالية عن التركيز بعدد مولات المذاب في كل كيلو جرام من المذيب. ولا تعتمد المولالية على درجة حرارة المحلول.
48. تكتب مولارية وحجم المحلول المركز والمخفف على شكل المعادلة الآتية: $M_1V_1=M_2V_2$
49. يحتوي محلول NaCl الذي تركيزه 2M عددًا أكثر من المولات مقارنة بمحلول تركيزه 0.5M.
50. تحت شروط تغيير درجة الحرارة لأن المولالية تعتمد على الكتلة ولا تتغير مع درجة الحرارة.

إتقان المسائل

4.3% .51

41 g .52

500 ml .53

9.4% .54

0.571 M .55

1.57 L .56

15 mol .57

770 g .58

42 ml; 83 ml; 130 ml; 170 ml; 420 ml .59

45 ml .60

0.88 M .61

160 ml .62

اتقان المسائل

73. 1.08 g/L

74. 2.1g

75. ذوبانية KBr هي 95 g / 100 gH₂O وتساوي ذوبانية KNO₃ الضعف عند نفس درجة الحرارة وتساوي 170 g / 100 g H₂O تقريباً.

76. 185 kPa

77. 25 kPa; 4.5 g/L

78. 4.0×10^{-4} g/L

3-2

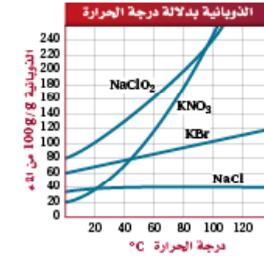
اتقان المفاهيم

79. الخاصية الفيزيائية للمحلول التي تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها. أمثلة: انخفاض الضغط البخاري، ارتفاع درجة الغليان، انخفاض درجة التجمد، الضغط الاسموزي.

80. إذا كان هناك إختلاف في التركيز، يكون المحلول أقل تركيزاً عند جهة من الغشاء وأكثر تركيزاً في الجهة الأخرى.

81. تمثل ΔT_b الفرق بين درجات غليان المحلول والمذيب النقي، K_b الثابت المولالي لارتفاع درجة الغليان وتمثل m مولالية المحلول.

82. الضغط الاسموزي هو الضغط المبذول من قبل جزيئات الماء والتي تتحرك الى داخل المحلول من خلال الخاصية الاسموزية. الضغط الاسموزي هو خاصية جامعة لأنه يعتمد على عدد جسيمات المذاب الذائبة في المحلول.



الشكل 2-22

77. استعن بقانون هنري لإكمال الجدول 2-7.

الجدول 2-7 الذوبانية والضغط	
الذوبانية g/L	الضغط kPa
2.9	?
3.7	32
?	39

78. المشروبات الغازية الضغط الجزئي لغاز CO₂ داخل زجاجة مشروب غازي 4.0 atm عند درجة حرارة 25°C. إذا كانت ذوبانية CO₂ تساوي 0.12 mol/l وعند فتح الزجاجة ينخفض الضغط الجزئي إلى 3.0×10^{-4} atm، فما ذوبانية CO₂ في الزجاجة المفتوحة؟ عبر عن إجابتك بوحدة g/L

2-3

اتقان المفاهيم

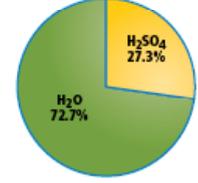
79. عرف الخاصية الجامعة.

80. استعمل مصطلحات المركز والمخفف لمقارنة المحلول عل طرقي غشاء شبه منفذ.

81. حدد كل متغير في المعادلة الآتية: $\Delta T_b = k_b m$

82. ما المقصود بالضغط الاسموزي، ولماذا يعد خاصية جامعة؟

68. ما الكسر المولي لحمض الكبريتيك H₂SO₄ في محلول يحتوي على النسبة المئوية من حمض الكبريتيك والماء، الظاهرة في الشكل 2-21؟



الشكل 2-21

69. احسب الكسر المولي لمحلول MgCl₂ الناتج عن إذابة 132.1 g من MgCl₂ في 175 ml من الماء إذا كانت كثافة الماء تساوي (1g/ml)؟

2-2

اتقان المفاهيم

70. صف عملية الذوبان.

71. اذكر 3 طرائق لزيادة سرعة الذوبان.

72. اشرح الفرق بين المحاليل المشبعة والمحاليل غير المشبعة.

اتقان المسائل

73. إذا كانت ذوبانية غاز تساوي 0.54 g/L عند ضغط مقداره 1.5 atm، فاحسب ذوبانية الغاز عند مضاعفة الضغط.

74. ذوبانية غاز تساوي 9.5 g/L عند ضغط 4.5 atm، ما كمية الغاز بالجرامات التي تذوب في 1 L إذا تم تخفيض الضغط إلى 3.5 atm؟

75. ذوبانية غاز 1.80 g/L عند ضغط مقداره 37.0 kPa. ما قيمة الضغط الذي تصحب عنده الذوبانية 9.00 g/L؟

76. استعمل الشكل 2-22 لمقارنة ذوبانية بروميد اليوتاسيوم KBr ونترات اليوتاسيوم KNO₃ عند درجة حرارة 80°C.

68. 0.0650

69. 0.125

2-2

اتقان المفاهيم

70. تُحاط جسيمات المذاب بجسيمات المذيب الموضوع فيه ويعود السبب في ذلك إلى التجاذب القائم بين جسيمات المذيب والمذاب والتي تعمل على تشتت جسيمات المذاب وانتشارها في المحلول.

71. زيادة درجة حرارة المذيب، زيادة مساحة سطح المذاب، التحريك.

72. يحتوي المحلول المشبع على أكبر كتلة من المذاب عند مجموعة من الشروط المعطاة ويحتوي المحلول غير المشبع على كتلة أقل من الكتلة التي يستطيع إذابتها.

إتقان المسائل

.83 2.74°C

.84 -10.5°C

.85 100.29°C

.86 703 g

.87 157g NaCl /1kg H₂O

مراجعة عامة

.88 لدى 50.0 g من SrCl₂ تأثير أكبر،

$$T_b \text{ SrCl}_2 = 0.484^\circ\text{C} + 100.0^\circ\text{C} \\ = 100.484^\circ\text{C}$$

$$T_b \text{ CCl}_4 = 0.310^\circ\text{C} + 100.0^\circ\text{C} \\ = 100.31^\circ\text{C}$$

.89 MgCl_{2(s)} في H₂O(l) : نعم. NH_{3(l)} في C₆H_{6(l)} : لا.

H_{2(g)} في H₂O(l) : لا. I_{2(l)} في Br₂ : نعم. هذه التنبؤات مبنية على القاعدة العامة «المذيب يذيب شبيهه» فالمذيب القطبي كالماء سوف يذيب مذابا قطبيا مثل كلوريد الماغنيسيوم، في حين يذيب المذيب غير القطبي مثل سائل البروم مذابا غير قطبي مثل سائل اليود. تعتبر الأمونيا جزيئا قطبيا في حين يكون البنزين غير قطبي. بينما يعتبر جزيء الماء جزيئا قطبيا يكون الهيدروجين ثنائي الذرة غير قطبي.

.90 تقل ذوبانية الغازات عند زيادة درجة الحرارة. وتزداد ذوبانية معظم المواد الصلبة بزيادة درجة الحرارة. Ca(OH)₂، وLi₂SO₄ لا تتبع التوجه العام لباقي المواد الصلبة.

.91 X_{Ar}=0.00723، X_{O₂}=0.189، X_{N₂}=0.804

.92 محلول غير مشبع، تزداد ذوبانية KCl في الماء بازدياد درجة الحرارة. ويستوعب المحلول كمية أكبر من المذاب عند درجة حرارة 50°C مقارنة بالمحلول عند درجة 25°C.

.93 246 g

.94 0.501 m

إتقان المسائل

.83 احسب درجة التجمد لمحلول يحتوي على 12.1 g من النفتالين C₁₀H₈ الذائب في 0.175 kg من البنزين C₆H₆. استعن بالجدول 2-5 لأخذ البيانات المطلوبة.

.84 في المختبر قمت بإذابة 179 g من MgCl₂ في 1.00 L ماء، استعمل الجدول 2-5؛ لإيجاد درجة تجمد المحلول.

.85 في المطبخ يقوم طباخ بتحضير محلول للجليان بإضافة 12.5 g من NaCl إلى وعاء يحتوي 0.750 L من الماء. عند أي درجة حرارة يغلي المحلول في الوعاء؟ استعمل الجدول 2-4 لأخذ البيانات المطلوبة.

.86 تتغير درجة غليان الإيثانول C₂H₅OH من 78.5°C إلى 85.2°C عند إضافة كمية من النفتالين C₁₀H₈ إلى 1.00 kg من الإيثانول. ما كمية النفتالين التي نحتاج إليها بوحدة g لسبب هذا التغير في درجة الحرارة؟ استعمل الجدول 2-4 لأخذ البيانات المطلوبة.

.87 **المثلجات (الآيس كريم)** يستعمل خليط الملح الصخري NaCl والثلج والماء لتبريد الحليب والكريميا لصنع مثلجات (آيس كريم) منزلية. ما كمية الملح الصخري بالجرامات التي يجب إضافتها إلى الماء لتخفيض درجة التجمد إلى 10.0°C؟

مراجعة عامة

.88 أي مذاب له التأثير الأكبر في درجة غليان 1.00 kg من الماء: 50 g من كلوريد الاسترانشيوم SrCl₂ أو 150 g من رابع كلوريد الكربون CCl₄؟ فسر إجابتك.

الجدول 2-8 هل الذوبان ممكن؟	
مذاب	مذيب
MgCl ₂ صلب	H ₂ O سائل
NH ₃ سائل	C ₆ H ₆ سائل
H ₂ غازي	H ₂ O سائل
I ₂ سائل	Br ₂ سائل

التفكير الناقد

.95 يلزم 50 ml من HCl. وبطرح حجم HCl من المجموع الكلي لحجم المحلول، ثم تحديد حجم الماء اللازم وهو 950 ml من H₂O. لذلك يجب إذابة 50 ml من HCl في أقل من 950 ml من الماء. ثم يضاف الماء حتى يصل حجم المحلول إلى 1000 ml.

.89 استعمل معرفتك بالقطبية والذوبانية لتوقع ما إذا كان الذوبان ممكناً في كل حالة من الحالات الموضحة في الجدول 2-8. فسر إجابتك

.90 ادرس الجدول 2-3، وحلل بيانات الذوبانية ودرجة الحرارة لتحديد الخواص العامة للغازات O₂ وCO₂ وNH₃ في المخطط. قارن بين هذا الميل وخواص بقية المواد الصلبة في المخطط. حدد المواد الصلبة الموجودة في القائمة والتي لا تتبع الخواص العامة التي تتبعها أغلب المواد الصلبة في المخطط.

.91 بين الشكل 2-23 النسب المئوية لمكونات عينة من الهواء. احسب الكسر المولي لكل غاز في العينة.



الشكل 2-23

.92 إذا قمت بتحضير محلول مائي مشبع من كلوريد البوتاسيوم عند درجة حرارة 25°C ثم قمت بتسخينه إلى 50°C، هل يصبح المحلول غير مشبع، أو مشبع، أو فوق مشبع؟ فسر إجابتك.

.93 ما كتلة نترات الكالسيوم Ca(NO₃)₂ التي تلزم لتحضير 3.00 L من محلول تركيزه 0.500 M؟

.94 ما مولالية المحلول في السؤال السابق؟

التفكير الناقد

.95 طور خطة لتحضير 1000 ml من محلول حمض الهيدروكلوريك في الماء تركيزه 5% بال حجم، يجب أن تصف خطتك كميات المذاب والمذيب اللازمة بالإضافة إلى الخطوات المستعملة في تحضير المحلول.

99. المولارية تساوي:

عند 8.67M, 9.76M, 10.6M, 11.6M, 12.4M
درجات حرارة 20°C, 40°C, 60°C, 80°C, 100°C
على الترتيب، يزداد الرسم البياني من اليسار إلى اليمين.
وتكون ذوبانية KI عند 55°C حوالي 10.4 M.

100. قم بإضافة كمية قليلة من المذاب لكل وعاء، فإذا
كان المحلول فوق مشبع سيحدث تبلور، أما إذا
كان المحلول مشبعًا فلا يذوب المذاب، وأما إذا
كان المحلول غير مشبع سيذوب المذاب.

مسائل تحدد

101. في قانون هنري تتناسب الذوبانية بشكل مباشر مع
الضغط، وفي هذا المثال يدل كل قياس على مضاعفة
قيم الذوبانية. وهذا يشير إلى أن الضغط يتضاعف
بين هذه القياسات. والملاحظة الإضافية هي زيادة
الذوبانية بمعامل 16 مرة ما بين القياسات 1 إلى 5
وتبعًا لذلك يجب أن يزداد الضغط بالقيمة نفسها.

102. 300 ml ; 100.1°C

الجدول 9-2 ذوبانية KI	درجة الحرارة °C	جرامات KI لكل 100g من المحلول
	20	144
	40	162
	60	176
	80	192
	100	206

100. صمم تجربة أعطيت عينة من مذاب صلب وثلاثة محاليل
مائية تحتوي على ذلك المذاب. كيف يمكنك تحديد أي
المحاليل مشبع، وأيها غير مشبع، وأيها فوق مشبع؟

مسائل تحدد

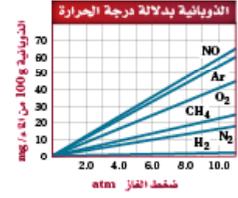
101. فسر باستعمال قانون هنري بيانات الذوبانية الموجودة في
الجدول 10-2.

الجدول 10-2 قياسات الذوبانية لغاز	المحالة	الذوبانية
	1	0.225
	2	0.45
	3	0.9
	4	1.8
	5	3.6

102. لديك محلول يحتوي على 135.2 g من KBr في 2.3 L
من الماء. ما حجم هذا المحلول بالملترات الذي يمكنك
استعماله لتحضير 1.5 L من محلول KBr تركيزه 0.1 M؟
وما درجة غليان المحلول الجديد؟

96. قارن واستخلص النتائج ادرس المخطط في
الشكل 18-2، وقارن بين الخطوط المتقطعة
لـ ΔT_b و ΔT_f ، وصف الاختلافات التي لاحظتها. كيف
يمكن لهذه الخطوط أن توضع في أماكن مختلفة تبعًا لنوع
المحاليل إذا كانت متأينة أو غير متأينة؟ ولماذا؟

97. توسع يبين الشكل 24-2 ذوبانية الأرجون في الماء
عند ضغوط مختلفة. توسع في البيانات حتى ضغط
15 atm، واستعمل قانون هنري للتحقق من الذوبانية التي
تم تحديدها عن طريق التوسع في البيانات.



الشكل 24-2

98. استبدل يحدث الجفاف عندما يفقد الجسم سوائل كثيرة.
ينصح الغواصون بتجفيف أجسامهم قبل الغوص. استعمل
معرفتك بالعلاقة التي تربط الضغط وذوبانية الغاز لتفسير
أهمية التجفيف قبل الغوص.

99. ارسم بيانيًا يوضح الجدول 9-2 بيانات عن الذوبانية
تم جمعها من إحدى التجارب. ارسم رسمًا بيانيًا للمولارية
مقابل درجة الحرارة ليوريد البوتاسيوم KI. ما ذوبانية KI
عند درجة حرارة 55°C؟

96. تكون درجة تجمد المحلول أقل من درجة التجمد الطبيعية
للماء، بينما تكون درجة غليان المحلول أعلى من درجة
الغليان الطبيعية للماء. تكون قيم ΔT_b و ΔT_f أكبر
للمحاليل المتأينة مقارنة بالمحاليل غير المتأينة. وذلك
لنفسك المحاليل المتأينة في الماء مما ينتج عنه عدد أكبر من
الجسيمات في المحلول.

97. 82 mg / 100 gH₂O

98. يزداد الضغط بازدياد عمق الماء خلال الغوص وبالتالي
يزداد تركيز الغاز في الدم. وإذا كان حجم الدم (المذيب)
قليلاً، يكون تركيز الغاز (المذاب) أكبر من المستويات
العادية في أعماق محددة. ويكون للغواص المتمرس قدراً
أكبر من السوائل التي تستطيع الغازات الذوبان فيها.

تقويم إضافي

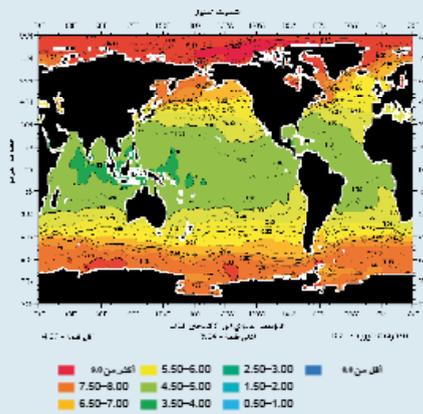
أسئلة المستندات

103. قيم الأكسجين المذاب هي الأكثر قرباً وارتباطاً بخط العرض. وكذلك ترتبط مساحة السطح، ودرجة حرارة الماء أكثر بخط العرض من خط الطول.
104. القيم أكثر انخفاضا بالقرب من خط الاستواء.
105. بشكل عام، يزداد الأكسجين المذاب في مياه سطح المحيط، عند زيادة خط العرض شمالا وجنوبا، وتكون درجات حرارة سطح الماء أكبر بالقرب من خط الاستواء. وتقل درجة حرارة سطح الماء عند الأقطاب. وتزداد بشكل عام ذوبانية الغاز عند انخفاض درجة الحرارة.

تقويم إضافي

أسئلة المستندات

المتوسط السنوي من الأكسجين المذاب تبين البيانات الموجودة في الشكل 2-24 معدل قيم الأكسجين الذاتية في مياه المحيطات بوحدة ml/L خلال شهر واحد من العام 2001م. لاحظ أن المحور الأفقي يمثل خطوط الطول، والمحور العمودي يمثل خطوط العرض.



الشكل 2-24

103. هل ترتبط قيم الأكسجين المذاب بشكل واضح مع خط الطول أو خط العرض؟ لماذا ترى ذلك صحيحاً؟
104. عند أي خط عرض يكون معدل الأكسجين المذاب أقل؟
105. صف الاتجاه العام الذي توضحه البيانات، وارتبط ذلك مع العلاقة بين ذوبانية الغاز ودرجة الحرارة.

الاختبار المقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

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

أسئلة الإجابات القصيرة

8. 0.17 mol

9. يمكن لمحلول NaCl أن يستوعب كمية أكبر من المذاب عند 20°C. وتنعكس الذوبانية عند 80°C، و يصبح KCl أكثر ذوبانية من NaCl.

10. $(30 \text{ g/L}) (1 \text{ mol}/122.55 \text{ g KClO}_3) = 0.245 \text{ mol KClO}_3/1\text{L}$

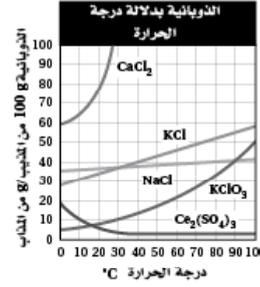
5. إذا تفاعل 16 mol H₂ فكم مولاً من Fe ينتج؟
a. 6
b. 3
c. 12
d. 9

6. إذا خلط 7 mol Fe₃O₄ مع 30 mol H₂ فأى الجسمل الأتية صحيحة؟

- a. لن يتبقى أي من المواد المتفاعلة.
 - b. سيتبقى 2 mol من غاز الهيدروجين.
 - c. سينتج 30 mol من الماء.
 - d. سينتج 7 mol من Fe.
7. أي مما يأتي لا يعد خاصية جامعة؟
a. رفع درجة الغليان. c. الضغط الأسموزي.
b. زيادة الضغط البخاري. d. حرارة المحلول.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 8 إلى 10.



8. ما عدد مولات KClO₃ التي يمكن أن تذوب في 100 g من الماء عند درجة حرارة 60°C؟

9. أي عماليل الأملاح الأتية يمكنه استيعاب المزيد من المذاب عند درجة حرارة 20°C أو NaCl أو KCl؟ كيف يمكن مقارنة ذلك بذوبانيتها عند 80°C؟

10. ما عدد مولات KClO₃ اللازمة لتحضير 1.0 L من محلول مشبع من KClO₃ عند 75°C؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



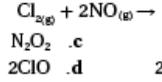
1. ما حجم البروم Br₂ في 7.000 L من المحلول؟

- a. 55.63 ml
- b. 8.808 ml
- c. 18.03 ml
- d. 27.18 ml

2. ما كمية الجرامات من البروم في 55.00 g من المحلول؟

- a. 3.560 g
- b. 0.08498 g
- c. 1.151 g
- d. 0.2628 g

3. ما نواتج التفاعل الآتي

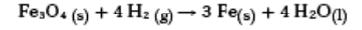


- a. NCl₂
- b. 2NOCl
- c. N₂O₂
- d. 2ClO

4. إذا أذيب 1 mol من كل من المواد المذابة في القائمة الأتية في 1 L من الماء، فأتيا يكون له الأثر الأكبر في الضغط البخاري لمحلولاها؟

- a. KBr
- b. C₆H₁₂O₆
- c. MgCl₂
- d. CaSO₄

استعمل بالتفاعل الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و 6.





الفصل 3

الطاقة والتغيرات الكيميائية

الفكرة العامة تمتصُّ التفاعلات الكيميائية الحرارة أو تطلقها عادة.

3-1 المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

3-2 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية، باستعمال قانون هس.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 3 / الطاقة والتغيرات الكيميائية (5 حصص)

البند	3-1	3-2	التقويم
عدد الحصص	2	2	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
<p>3-1 المعادلات الكيميائية الحرارية</p> <p>1. يكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل تفاعلات كيميائية وعمليات أخرى.</p> <p>2. يصف كيف تفقد الطاقة أو تكتسب في اثناء تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة.</p> <p>3. يحسب الطاقة الحرارية الممتصة أو المنطلقة في تفاعل كيميائي.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>التقويم البنائي ص 82</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 80</p> <p>تقويم البند ص 83</p>	<p>عرض عملي ص 79:</p> <p>ثيوكبريتات الصوديوم، أنابيب اختبار، حمام مائي، موقد بنزن، ثرمومتر، ملقط.</p>
<p>3-2 حساب التغير في المحتوى الحراري</p> <p>1. يطبق قانون هس لحساب تغير محتوى الطاقة لتفاعل ما.</p> <p>2. يوضح المقصود بطاقة التكون القياسية</p> <p>3. يحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل ΔH مستعملاً المعادلات الكيميائية الحرارية.</p> <p>4. يحسب تغير محتوى الطاقة للتفاعل باستعمال بيانات طاقة التكوين القياسية.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>التقويم البنائي ص 90 ، 91</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 86</p> <p>تقويم البند ص 91</p> <p>تقويم ختامي</p> <p>مراجعة الفصل 95</p>	<p>عرض عملي ص 86:</p> <p>فوق أكسيد الهيدروجين، نظارات واقية، قفازات، مخبار مدرج، ملعقة، يوديد البوتاسيوم</p> <p>عرض عملي ص 87:</p> <p>سكر مائدة، سكر مكعبات، لهب بنزن، ملقط.</p> <p>مختبر الكيمياء ص 93:</p> <p>كأس سعتها 25 ml، مخبار مدرج سعة 100 ml، طبق تبخير، ثرمومتر، لهب بنزن، ساق تحريك زجاجية، ميزان.</p> <p>الزمن المقدر: 30 دقيقة</p>

الفكرة العامة تمتص التفاعلات الكيميائية عادة الحرارة أو تطلقها.

3-1 المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن الحرارة المنطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

3-2 حساب التغير في المحتوى الحراري

الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

حقائق كيميائية

- تستعمل المحركات الثلاثة الرئيسية لمكوك الفضاء أكثر من 547,000 kg من الأكسجين السائل و 92,000 kg تقريباً 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 ثلثي دقائق (8 min).



الفكرة العامة

التغيرات الماصة والطاردة للحرارة قدّم الفكرة العامة لهذا الدرس من خلال تنظيم جلسة عصف ذهني للطلبة حول التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية المتنوعة الماصة، أو الطاردة للطاقة في صورة حرارة. ودون هذه التفاعلات والتغيرات على السبورة في قائمتين إحداهما بعنوان "ماص للحرارة والآخر بعنوان "طارد للحرارة".

اختر تغيراً فيزيائياً ماصاً للحرارة، كتبخّر الماء، واطلب إلى الطلبة أن يكتبوا معادلته، على أن تحتوي الطاقة على اعتبار أنها مادة متفاعلة:



اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلة معكوسة:



أشر إلى أن المعادلة الثانية تمثل تكاثف بخار الماء الذي يطلق الحرارة عند تحوّلِهِ إلى الماء السائل.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الدرس.

كتابة المعادلات الكيميائية

مفهوم المول

نظرية الحركة الجزيئية.

استعمال الصورة

التفاعل الكيميائي في الصاروخ اطلب إلى الطلبة أن يتفحصوا الصورة الافتتاحية للفصل، وأن يصفوا التفاعل الكيميائي الذي يزود صواريخ مكوك الفضاء بالدفع. **يتفاعل الهيدروجين السائل مع الأكسجين السائل**. اطلب إلى الطلبة أن يتفحصوا الصورة الظاهرة التي تبين المواد المتفاعلة والمادة الناتجة واطلب إليهم كتابة معادلة موزونة للتفاعل، $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

ثم اسأل: ماذا ينتج عن التفاعل بالإضافة إلى بخار الماء؟ **يطلق التفاعل كمية كبيرة من الطاقة**. وبين للطلبة أنهم سيتعلمون في هذا الدرس كيف يكتبون نوعاً من المعادلات الكيميائية التي

تتضمن التغير في الطاقة. **ضم م**

نشاط استهلالي

الهدف سَيَعُدُّ الطلبة محاليل طاردة للحرارة، وأخرى ماصة، ويتوقعون استعمالها في الحياة الواقعية.

احتياطات السلامة

اطلب إلى الطلبة الاطلاع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل، وراجع بطاقات بيانات سلامة المواد الكيميائية الخطرة مع الطلبة.

تحذير: نترات الأمونيوم شديدة التفاعل، ويجب التعامل معها بحذر، لذا استعمل النظارات الواقية، وأبعدها عن مصادر الحرارة.

التخلص من النفايات يمكن التخلص من المحاليل والمواد في المغسلة مع كمية كافية من الماء.

استراتيجيات التدريس

- ليس من الضروري استعمال حجوم وكتل دقيقة، طالما أنها متشابهة، ويمكن تعديل هذه الكميات حسب الحاجة.
- قد تتباين بطاقات بيانات سلامة المواد في أشكالها، والمعلومات التي تتضمنها، كما يمكن أن يؤدي تعرُّض الطلبة لهذه الأنواع المختلفة من المعلومات إلى مناقشة مفيدة حولها.
- يتعيَّن على المعلم أن يجهز كميات نترات الأمونيوم مسبقاً للطلبة.

النتائج المتوقعة

1. يجب أن تنتج نترات الأمونيوم أفضل محلول ماص للحرارة، ويستعمل محلول كلوريد الكالسيوم المنتج للحرارة لصهر الجليد عن الطرق في البلاد الباردة.
2. تُعدُّ نترات الأمونيوم أفضل مادة كيميائية مبرِّدة؛ لأنها تؤدي إلى انخفاض حاد في درجة الحرارة.
3. يمكن استعمال محلول كلوريد الكالسيوم في عمل كِمَادَة ساخنة كيميائية، أو لصهر الجليد.

نشاط استهلالي

كيف تعمل كِمَادَة باردة؟

تستعمل الكِمَادَات الباردة الكيميائية لتخفيف الألم الناتج عن الإصابة؛ إذ تحتوي الكِمَادَة على مركبين منفصلين يحدث امتصاص للحرارة عند اتحادهما معاً.

ما المركب الذي يعتبر أفضل كِمَادَة باردة كيميائية؟

خطوات العمل



1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
 2. أحضر ثلاثة أنابيب اختبار.
 3. استعمل مجاراً مدرجاً لوضع 15 ml من الماء المقطر في 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 1.0g من نترات البوتاسيوم KNO_3 وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1.
- تحذير: أبعدها عن المواد الكيميائية المستعملة في هذا النشاط عن مصادر الحرارة.
- 6.حرك الخليط جيداً، وسجل درجة حرارة المحلول.
 7. أعد الخطوات 4 و 5 مستعملاً كلاً من كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ونترات الأمونيوم NH_4NO_3 بدلاً من نترات البوتاسيوم KNO_3 .

تحليل النتائج

1. حلل واستنتج أي المواد الكيميائية الثلاث المستعملة في التجربة تعد الأفضل لعمل كِمَادَة كيميائية باردة؟
 2. صف استعمالاً أفضل لإحدى المادتين الأخرين المستعملتين في التجربة.
- استقصاء: ابحث عن تعديل يمكنك أن تعمله في خطوات العمل بحيث يزيد التغير في درجة الحرارة.

المطويات

التغير في المحتوى الحراري لعمل المطوية الآتية لتنظيم دراستك عن المحتوى الحراري.

خطوة 1

اطو الورقة طويلاً من منتصفها على أن تكون الحافة الخلفية أطول من الأمامية 2cm تقريباً.



خطوة 2

الورقة مرة أخرى مكونة ثلاثة أجزاء.



خطوة 3

افتح المطوية واقطع على خطي الطي للجزء الأمامي مشكلاً ثلاثة أشرطة.



خطوة 4

عنون الأشرطة كما يأتي:



استعمل هذه المطوية في البند 2-3، لخص في أثناء قراءتك لهذا البند معنى كل مصطلح، وبين علاقته بتلقائية التفاعل.



تحليل النتائج

1. نترات الأمونيوم.
2. يمكن استعمال محلول كلوريد الكالسيوم لعمل كِمَادَة ساخنة. الاستقصاء أضف كتلة أكبر من المركب إلى كمية الماء نفسها.

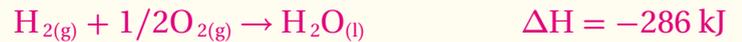
ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

اكتب معادلة كيميائية حرارية اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى الصورة الافتتاحية للفصل، وتذكر التفاعل الكيميائي الذي يزود صواريخ الدفع في المكوك الفضائي بالطاقة.



لفت نظر الطلبة إلى أن تفاعلاً مماثلاً، ولكن بقوة أقل يحدث عند احتراق غاز الهيدروجين في الهواء (يتفاعل مع الأكسجين لإنتاج الماء السائل). ووضح لهم أن هذا التفاعل الطارد للطاقة يطلق 286kJ لكل mol من الماء المتكون. بعدئذ، وجه الطلبة إلى كتابة معادلة كيميائية حرارية للتفاعل، وتحقق من وضع الحالة الطبيعية للمواد المتفاعلة والنواتج.



ض م

2. التدريس

استعمال المفردات العلمية

مصطلحات يجب معرفتها اطلب إلى الطلبة استعمال المعاجم العلمية؛ لإيجاد معاني المفردات المفتاحية مثل: طاقة وضع كيميائية، كيميائي حراري، احتراق، التبخر، الانصهار، وتوضيح كل منها. ض م

الأهداف

تكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل تفاعلات كيميائية وعمليات أخرى.

تصف كيف تفقد الطاقة أو تكتسب في أثناء تغيرات الحالة الفيزيائية للمادة.

تحتسب الطاقة الممتصة أو الممتدة في تفاعل كيميائي.

مراجعة المفردات

تفاعل الاحتراق، هو تفاعل كيميائي يحدث عند تفاعل مادة مع الأكسجين، مطلقاً طاقة على شكل حرارة وضوء.

المفردات الجديدة

المعادلة الكيميائية الحرارية

حرارة الاحتراق

حرارة التبخر المولارية

حرارة الانصهار المولارية

المعادلات الكيميائية الحرارية Thermochemical Equations

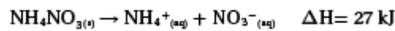
الفكرة الرئيسية تصبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن الحرارة المطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

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 النار.

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

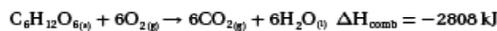
Writing Thermochemical Equations

إن التعبير في الطاقة جزء مهم من التفاعلات الكيميائية، لذلك يضع الكيميائيون ΔH بوصفه جزءاً من الكثير من المعادلات الكيميائية. تدعى المعادلات الكيميائية التي تبين ما يحدث في الكفاءة الساخنة أو الكفاءة الباردة معادلات كيميائية حرارية إذا كتبت على النحو الآتي:



تكتب **المعادلة الكيميائية الحرارية** في صورة معادلة كيميائية موزونة تشتمل على الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة، والتعبير في الطاقة، والذي يعتبر عنه عادة بأنه تغير في المحتوى الحراري، ΔH .

ينتج عن تفاعل احتراق الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ الطارد للحرارة في أثناء عملية الأيض في الجسم، كمية كبيرة من الطاقة، كما هو مبين في المعادلة الكيميائية:



يسمى المحتوى الحراري الناتج عن حرق 1 mol من المادة احتراقاً كاملاً، **حرارة الاحتراق** ($\Delta\text{H}_{\text{comb}}$) **enthalpy (heat) of combustion**. ويبين الجدول 3-1 تغيرات المحتوى الحراري القياسية لعدة مواد. ويستعمل الرمز ΔH° ليدل على تغير المحتوى الحراري القياسي. فالرمز $^\circ$ يبين أن تغيرات المحتوى الحراري قد تم تحديدها للمواد المتفاعلة والنواتج جميعها عند الظروف القياسية. (ضغط جوي 1 atm ودرجة حرارة 25 °C، ويجب عدم الخلط بينها وبين درجة الحرارة والضغط القياسيين STP).

مشروع الكيمياء

اكتب معادلات كيميائية حرارية

اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلات الكيميائية الحرارية لاحتراق مول واحد من كل مادة من المواد الموجودة في الجدول 3-3.

عرض عملي



التغير الطارد للطاقة

ضع 20 g تقريبًا من ثيوكبريتات الصوديوم المائية $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ في أنبوب اختبار زجاجي كبير مقاوم للحرارة، وأضف إليها 3 أو 4 قطرات من الماء. وسخّن الأنبوب ومحتوياته في حمام مائي ساخن حتى تنصهر المادة الصلبة كلها أو تذوب. ثم أخرج الأنبوب، وضع مقياس حرارة (ثرموتر) في السائل، واتركه ليبرد حتى يصل إلى درجة حرارة الغرفة.

ثم اطلب إلى أحد الطلبة أن يلمس الأنبوب ومحتوياته، في حين تقوم بوضع بلورة تبلور من $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ باستعمال الملقط. إذا لم يتكون في المحلول فوق المشبع بلورات عند إضافة بلورة واحدة، فحرك الأنبوب بلطف أو أضف إليه بلورة ثانية. يتصلّب السائل بسرعة مطلقًا كمية كبيرة من الحرارة. اسأل: ما نوع انتقال الحرارة الذي حدث؟ وما إشارة ΔH للتغير؟ لقد فقد النظام طاقة إلى المحيط، وكانت إشارة ΔH سالبة. **ضم**

جدول 3-1 حرارة الاحتراق القياسية

المادة	الصيغة الكيميائية	$\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ kJ/mol
السكروز (سكر المائدة)	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	-5644
الأوكتان (أحد مكونات البنزين)	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	-5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفواكه)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	-2808
البروبان (وقود غازي)	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	-2219
الميثان (وقود غازي)	$\text{CH}_4(\text{g})$	-891

تغيرات الحالة Changes of State

يوجد الكثير من العمليات غير الكيميائية التي تمتص الطاقة فيها أو تطلق. مثلًا، فكر فيما يحدث عندما تخرج من حمام ساخن، لا بد أنك تشعر أنّ جسمك يرتعش في أثناء تبخر الماء عن جلدك؛ وذلك لأن جلدك يزود الماء بالحرارة التي يحتاج إليها لكي يتبخّر، وكلما امتص الماء الحرارة من جلدك وتبخّر ازدادت برودة جسمك.

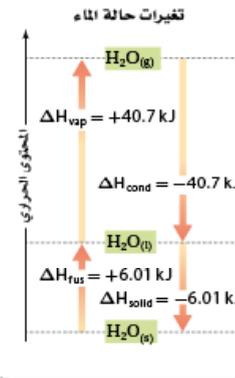
تسمى الحرارة اللازمة لتبخّر 1 mol من سائل حرارة التبخر المولارية ΔH_{vap} (Molar enthalpy (heat) of vaporization). وبالمثل أيضًا إذا أردت شرب كأس ماء بارد فقد تضع فيه مكعبًا من الثلج؛ فيبرد الماء لأنه يزود مكعب الثلج بالحرارة لكي ينصهر. تسمى الحرارة اللازمة لانهيار 1 mol من مادة صلبة حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus} (Molar enthalpy (heat) of fusion). ولأن تبخر السائل وانهيار المادة الصلبة عمليتان ماصتان للحرارة، تكون ΔH لكل من العمليتين موجبة. يبين الجدول 3-2 حرارة التبخر والانصهار القياسية لعدد من المواد المألوفة.

جدول 3-2 حرارة التبخر والانصهار القياسية

المادة	الصيغة الكيميائية	$\Delta H^\circ_{\text{vap}}$ kJ/mol	$\Delta H^\circ_{\text{fus}}$ kJ/mol
الماء	H_2O	40.7	6.01
الإيثانول	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الإيثانويك	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

ماذا قرأت؟ التكتف، طارد للحرارة والتجمد، طارد للحرارة والتبخير، ماص للحرارة، والانصهار ماص للحرارة.

الشكل 3-1 الأسهم التي تشير إلى الأعلى تدل على أن طاقة النظام تزداد عندما ينصهر الماء، ثم يتبخر. وتدل الأسهم المشيرة إلى أسفل أن طاقة النظام تقل عندما يتكثف الماء ويتجمد.



المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات الطاقة يمكن وصف تبخر الماء وصهر الجليد بالمعادلتين الآتيتين:



تبين المعادلة الأولى أن 40.7 kJ من الطاقة تُمتص عندما يتحول 1 mol من الماء إلى 1 mol من بخار الماء. بينما تشير المعادلة الثانية أن 6.01 kJ من الطاقة تُمتص عندما ينصهر مول واحد من الجليد ليكون مولاً واحداً من الماء السائل.

ماذا يحدث في العمليتين العكسيتين، عندما يتكثف بخار الماء ليكوّن الماء السائل أو عندما يتجمد الماء مكوناً الجليد؟ كميات الحرارة في هذه العمليات الطاردة الحرارة مساوية لكميات الحرارة التي تمتص في عمليتي التبخير والانصهار الماصتين للحرارة. وهكذا، فإن قيمة حرارة التكتيف المولارية (Molar enthalpy (heat) of condensation (ΔH_{cond}) وقيمة حرارة التبخير المولارية متساويتان رقمياً وإن اختلفتا في الإشارة. كذلك فإن قيمة حرارة التجمد المولارية (ΔH_{solid}) وقيمة حرارة الانصهار المولارية لها القيمة العددية نفسها، ولكنها تختلفان في الإشارة. وهذه العلاقات موضحة في الشكل 3-4.

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{vap}} &= -\Delta H_{\text{cond}} \\ \Delta H_{\text{fus}} &= -\Delta H_{\text{solid}} \end{aligned}$$

قارن بين المعادلتين الآتيتين وتجمد الماء بالمعادلتين المتعلقتين بتبخير الماء وصهره.



يستغل بعض المزارعين في البلاد الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضراوات من التجمد. فإذا كان من المتوقع أن تنخفض درجة الحرارة إلى درجة التجمد في أحد الأيام فإنهم يغمرون بسساتينهم وحقولهم بالماء في تلك الليلة. ويعود السبب في ذلك إلى أن عملية تجمد الماء تطلق طاقة ΔH_{fus} تدفع الهواء المحيط لدرجة كافية لمنع الفاكهة والخضراوات من التلف. وسوف ترسم في مختبر حل المشكلات الآتي منحنى تسخين الماء لتفسير استعمال حرارة الانصهار والتبخير.

ماذا قرأت؟ صنف عمليات كل من التكتف، والتجمد، والتبخير، والانصهار، ما إذا كانت طاردة للحرارة أو ماصة لها.

دفا تر الكيمياء

المواد المضافة إلى البنزين إنَّ مطالبة بعض الدول بإضافة مركبات أكسجينية إلى البنزين موضوعٌ تحت رقابة شديدة؛ بسب تكلفته العالية، وتأثيره السلبي في البيئة. اطلب إلى الطلبة إجراء بحث عن تأثير إضافة هذه المواد، (الإيثانول، والميثيل ثلاثي بيوتيل، والإيثر) في البيئة وفعالية البنزين، وأن يسجلوا نتائج أبحاثهم في دفا تر الكيمياء. **ضم**

كيف ترسم منحنى التسخين للماء؟

تتجاذب جزيئات الماء بشدة بعضها نحو بعض لأنها قطبية، وتكوّن روابط هيدروجينية فيما بينها. وتفسر قطبية الماء حرارته النوعية العالية، وحرارة الانصهار والتبخير العاليتين نسبياً.

التحليل

استعمل بيانات الجدول لرسم منحنى التسخين لعينة من الماء كتلتها 180 g عند تسخينها بمعدل ثابت من -20°C إلى 120°C . سجل الوقت الذي يحتاج إليه الماء ليمر في كل قطاع من الرسم البياني.

التفكير الناقد

1. حلل كلاً من الأجزاء الخمسة من الرسم. والتي تتميز بتغير حاد في ميل المنحنى. بين كيف يغير امتصاص الحرارة من طاقة الوضع وطاقة الحركة لجزيئات الماء.

2. احسب كمية الحرارة اللازمة لكل منطقة من الرسم.

$180\text{ g H}_2\text{O} = 10\text{ mol H}_2\text{O}, \Delta H_{\text{fus}} = 6.01\text{ kJ/mol}, \Delta H_{\text{vap}} = 40.7\text{ kJ/mol}, C_{\text{H}_2\text{O}(l)} = 2.03\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}, C_{\text{H}_2\text{O}(g)} = 4.184\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}, C_{\text{H}_2\text{O}(s)} = 2.01\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

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 تثبتت فيها درجة الحرارة (الخطوط الأفقية)؟ وما ميل المنحنى بين الأجزاء التي تتغير فيها درجة الحرارة؟

بيانات الزمن ودرجة حرارة الماء			
درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	الزمن min	درجة الحرارة $^{\circ}\text{C}$	الزمن min
100	13.0	-20	0.0
100	14.0	0	1.0
100	15.0	0	2.0
100	16.0	9	3.0
100	17.0	26	4.0
100	18.0	42	5.0
100	19.0	58	6.0
100	20.0	71	7.0
100	21.0	83	8.0
100	22.0	92	9.0
100	23.0	98	10.0
100	24.0	100	11.0
120	25.0	100	12.0

مختبر حل المشكلات

الهدف سيرسم الطلبة منحنى التسخين للماء، ويستنتجون التغيرات التي تحدث في الطاقة الداخلية.

المهارات العملية عمل رسوم بيانية واستعمالها، وتطبيق المفاهيم، وتفسير البيانات، وتعرف السبب والنتيجة.

استراتيجيات التدريس

- راجع العلاقة بين درجة الحرارة، ومعدل الطاقة الحركية للجزيئات.
- استعمل المغناطيسات؛ لتمثيل طاقة الوضع المرتبطة بالقوى ثنائية القطبية قوية التجاذب بين جزيئات الماء.
- ستكوّن رسوم الطلبة من ثلاث مراحل. المنحدر الأول سيزداد من -20°C إلى 0°C ، ويصبح مستقرًا عند 0°C . يزداد المنحدر الثاني من 0°C إلى 100°C ثم يستقر عند 100°C . أمّا المنحدر الثالث فيزداد من 100°C إلى 120°C .

التفكير الناقد

1. تزداد الطاقة الحركية من -20°C إلى 0°C . تزداد طاقة الوضع عند المستوى المستقر عند 0°C ، حيث تزداد حرية الحركة للجسيمات، ومن 0°C إلى 100°C تزداد الطاقة الحركية. أما عند المستوى المستقر عند 100°C تزداد طاقة الوضع حيث تنفصل الجسيمات كلياً بعضها عن بعض. ومن 100°C إلى 120°C تزداد الطاقة الحركية.

2. للجزء من -20°C إلى 0°C ، $q = 15\text{ kJ}$

انصهار الجليد، $q = 60\text{ kJ}$. للجزء من 0°C إلى 100°C ، $q = 75\text{ kJ}$

3. من -20°C إلى -114°C يرتفع المنحنى بانتظام. عند -114°C يصبح المنحنى أفقياً لفترة، ثم يرتفع حتى يصل إلى 78°C حيث يصبح أفقياً مرة أخرى. وبعد فترة أخرى يرتفع المنحنى حتى 90°C . تعتمد أطوال الأجزاء الأفقية على كمية الإيثانول التي تم تسخينها، وكمية الحرارة التي تضاف، وعلى الزمن. هذه العوامل مهمة في تحديد ميل المنحنى، بالإضافة إلى الحرارة النوعية للمادة التي يتم تسخينها.

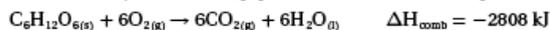
طرائق تدريس متنوعة

الطلبة المتفوقون وضح أن قيمة ΔH

لتكوين 1 mol من الماء السائل من عناصره في حالاتها الطبيعية تُعرف بحرارة تكوين الماء السائل، ويمكن استعمال حرارة التكوين لحساب قيم ΔH لتفاعلات عديدة بطرح مجموع حرارة تكوين المواد المتفاعلة من مجموع حرارة التكوين للنواتج: $\Delta H_{\text{(reaction)}} = \sum \Delta H_{\text{f(products)}} - \sum \Delta H_{\text{f(reactants)}}$. دع الطلبة يستعملوا جدول حرارة التكوين القياسية لتحديد للتفاعلات الآتية. وأشر إلى أنّ القيم الموجودة في الجدول هي حرارة التكوين لكل مول، لذا يجب ضربها في عدد المولات في التفاعل. **ف م**



الحرارة المنطلقة من تفاعل يستعمل المسعر في قياس الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؛ إذ يتم التفاعل في حجم ثابت يهوي أكسجيناً مضغوطاً ضغطاً عالياً. ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 54.0g جلوكوز $C_6H_{12}O_6$ حسب المعادلة الآتية:



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} .

المطلوب

$$q = -? \text{ kJ}$$

المعطيات

$$54.0 \text{ g} = C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta H_{comb} = -2808 \text{ kJ}$$

حساب المطلوب

حول جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$

$$54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.18 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{180.18 \text{ g}} \text{ المضروب في مقلوب الكتلة المولية}$$

اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في المحتوى الحراري للاحتراق ΔH_{comb}

$$0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 842 \text{ kJ}$$

$$\frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} \text{ المضروب مولات الجلوكوز في}$$

تقويم الإجابة

الطاقة الناتجة أقل من ثلث ΔH_{comb} .

مسائل تدريبية

- احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استعن في الجدول 3-2.
- ما كمية الحرارة المنطلقة عن تكثف 275g من غاز الأمونيا إلى سائل عند درجة غليانه؟ استعن في الجدول 3-2 لتحديد ΔH_{cond} .
- تحدّد ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب احتراقها لإطلاق 12.880 kJ من الحرارة؟ استعن في الجدول 3-1.

الربط مع علم الأحياء عند احتراق 1 mol من الجلوكوز في مسعر تنطلق 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 يتكسر الجلوكوز وينطلق ثاني أكسيد الكربون والماء اللذان ينتجان أيضاً 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.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة إجراء بحث حول دور الكيمياء الحرارية في مجال هندسة علم المواد، وأخبرهم بأنه يمكنهم البدء بمجال المواد اللاصقة المستعملة في صناعة الأشرطة اللاصقة، والمواد الصمغية. **ف م**

مثال في الصف

سؤال ما كمية الحرارة التي يتطلبها تبخير 166 g من الماء عند درجة غليانه؟

الإجابة

$$? \text{ مول ماء} = 166 \text{ g}$$

$$9.22 \text{ mol} = 18 \text{ g/mol}$$

$$9.22 \text{ mol} \times 40.7 \text{ kJ/mol} = 375 \text{ J}$$

مسائل تدريبية

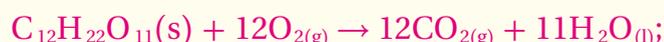
$$1. \quad 2.58 \text{ kJ}$$

$$2. \quad 376 \text{ kJ}$$

$$3. \quad 232 \text{ g}$$

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلة الكيميائية الحرارية التي تمثل التأكسد الكامل لمادة السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$)، التي ينتج عنها غاز ثاني أكسيد الكربون، والماء السائل.



$$\Delta H = -5644 \text{ kJ}$$

ضم م

4. التقويم

التحقق من الفهم

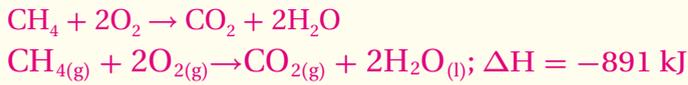
اطلب إلى الطلبة أن يصنّفوا تغيرات الحالة الآتية بوصفها طاردة للحرارة، أو ماصة لها.



ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة كتابة المعادلات الكيميائية، والكيميائية الحرارية، لاحتراق 1 mol من الميثان، ومقارنة بعضها ببعض.



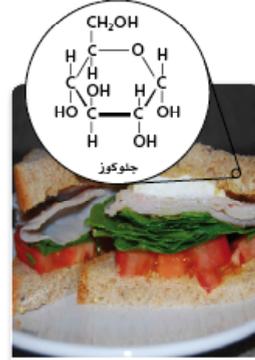
تحتوي المعادلة الكيميائية الحرارية على الحالة الطبيعية للمواد المتفاعلة والناتج، وعلى التغير في المحتوى الحراري. **ض م**

التوسّع

اشرح للطلبة أن بعض المواد الصلبة تنتقل مباشرة من حالة الصلابة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة، وتُدعى هذه العملية التسامي.

اطلب إلى الطلبة المقارنة بين كمية الحرارة اللازمة لتسامي مول واحد من الماء، وكمية الحرارة اللازمة لصهر الكمية نفسها، ثم الكمية اللازمة لتبخّر مول من الماء. **كمية الطاقة اللازمة في**

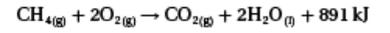
الحالتين واحدة. **ض م**



الشكل 3-2 هذه الأغذية هي وقود للجسم. فهي تزود الجسم بالجلوكوز الذي يحترق لإنتاج 2805 kJ/mol ليقوم الجسم بأنشطته الحيوية.

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

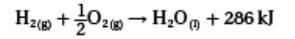
تفاعل الاحتراق عبارة عن تفاعل الوقود مع الأكسجين. وفي الأنظمة الحيوية يعد الطعام الوقود اللازم للاحتراق. يبين الشكل 3-2 بعض الأغذية العديدة التي تحتوي على الجلوكوز بالإضافة إلى أغذية أخرى تحتوي على الكربوهيدرات، والتي تتحول بدورها إلى جلوكوز داخل جسمك. كما أنك تعتمد على تفاعلات الاحتراق في تدفئة منزلك. فمثلاً، يُحرق غاز الميثان بوصفه وسيلة لطهو الطعام أو تدفئة المنازل؛ إذ ينتج عن حرق 1 mol من الميثان 891 kJ من الطاقة الحرارية، كما تبين المعادلة الكيميائية:



تعمل معظم المركبات - ومنها السيارات والطائرات والسفن والشاحنات - باحتراق الجازولين والذي يتكون غالباً من الأوكتان C_8H_{18} . وبين الجدول 3-3 أن احتراق 1 mol من الأوكتان ينتج 5471 kJ



كما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين معاً لتوفير الطاقة اللازمة لرفع مكوك الفضاء إلى ارتفاعات شاهقة في الفضاء.



التقويم 3-1

الخلاصة

4. **الفهم الرئيسية** اكتب معادلة كيميائية حرارية كاملة لاحتراق الإيثانول C_2H_5OH إذا علمت أن $\Delta H_{\text{comb}} = -1367 \text{ kJ/mol}$
5. حدد أي العمليات الآتية طاردة للحرارة، وأنها ماصة لها؟
 - a. $C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g)$
 - b. $Br_{2(g)} \rightarrow Br_{2(l)}$
 - c. $C_5H_{12(g)} + 8O_2(g) \rightarrow 5CO_2(g) + 6H_2O(l)$
6. اشرح كيف يمكنك حساب الحرارة المنطلقة عند تجمد 0.25 mol ماء.
7. احسب كمية الحرارة المنطلقة عنه احتراق 206 g من غاز الهيدروجين؟ $\Delta H_{\text{comb}} = -286 \text{ kJ/mol}$
8. طبق إذا كانت حرارة التبخّر المولارية للأمونيا هي 23.3 kJ/mol فما مقدار حرارة التكثف المولارية للأمونيا؟
9. تفسير الرسوم العلمية بين الرسم المجاور المحتوى الحراري للتفاعل A → C. هل التفاعل طارد أم ماص للحرارة؟ فسر إجابتك.

المحتوى الحراري

التقويم 3-1



5. التفاعلين b و c طاردان للحرارة، أما التفاعل a فماص للحرارة.

6. اضرب 0.250 mol في حرارة الانصهار لكل mol من الماء في 6.01 kJ/mol

7. 29, 300 kJ

8. -23.3 kJ/mol

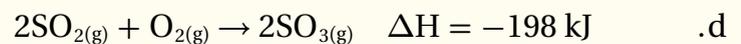
9. التفاعل طارد للحرارة؛ لأن طاقة الناتج C أقل من طاقة المتفاعلة A.

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

استعمال قانون هس اطلب إلى الطلبة تقديم مثال على استعمال قانون هس كالمثال الموجود في الصفحات الأولى من هذا الدرس، حتى لا يُخيل إليهم أنه قانون معقد.



اسأل: أي الصيغ الجزيئية ستحذف عند جمع المعادلتين c و d لإنتاج المعادلة المطلوبة؟ ستحذف $2SO_{2(g)}$ من طرفي المعادلة

النهائية. ضم م

2. التدريس

تطوير المفهوم

قانون هس ساعد الطلبة في فهم قانون هس من خلال التمثيل الآتي:

افرض أنك تقوم برحلة طويلة بالسيارة، فإذا قطعت 800 km في اليوم الأول، و 720 km في اليوم الثاني، و 600 km في اليوم الثالث، و 680 km في اليوم الرابع، فإنه يمكنك حساب طول رحلتك الكلي بجمع المسافات المقطوعة في كل يوم.

$$800 \text{ km} + 720 \text{ km} + 600 \text{ km} + 680 \text{ km} = 2800 \text{ km}$$

وضّح أنه إذا تكوّن تفاعل من تفاعلين أو أكثر، فإن مجموع التغيرات في محتوى الطاقة لتفاعلين أو أكثر، هو التغير في محتوى

الطاقة للتفاعل الكلي. ضم م

3-2

الأهداف

تطبيق قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.
توضيح المقصود بحرارة التكوين القياسية.

تحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ مستعملًا المعادلات الكيميائية الحرارية.

تحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل باستعمال قيم حرارة التكوين القياسية.

مراجعة المفردات

المتناسلات، شكل أو أكثر لعنصر ويكون لهذه الأشكال تركيب وخواص مختلفة عندما يكونون في الحالة الفيزيائية نفسها.

المفردات الجديدة

قانون هس
حرارة التكوين القياسية

حساب التغير في المحتوى الحراري
Calculating Enthalpy Change

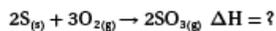
الفكرة الرئيسية يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الكيميائية باستعمال قانون هس.

الربط مع الحياة لعلمك قرأت قصة من فصلين أو من جزأين، كل جزء يجبرنا 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 أحيانًا من المستحيل أو من غير العملي أن تقيس التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل باستعمال المسعر. مثلاً، تأمل التفاعل في الشكل 3-3، وهو تغير الكربون في صورته المتناسلة (الألماس)، إلى الكربون في صورته المتناسلة، (الجرافيت). (جرافيت، C(s) → C(s)، ماس، C(s))

يحصل هذا التفاعل ببطء شديد، مما يجعل من المستحيل أن تقيس التغير في محتواه الحراري. وهناك تفاعلات أخرى تحدث في ظروف يصعب إيجادها في المختبر، كما أنه توجد تفاعلات تعطي نواتج غير النواتج المطلوبة منها، فيستعمل الكيميائيون طريقة نظرية لإيجاد ΔH لمثل هذه التفاعلات. لنفترض أنك تدرس تكوين ثالث أكسيد الكربون في الجو فعليك أن تحدد ΔH للتفاعل.



لسوء الحظ إن التجارب المخبرية التي تجري لإنتاج ثالث أكسيد الكربون لتحديد ΔH للتفاعل ينتج عنها مخلوط من النواتج معظمها يتكون من ثاني أكسيد الكربون SO_2 . في مثل هذه الحالة يمكنك حساب ΔH باستعمال قانون هس للجمع الحراري. ينص قانون هس على أنه إذا كنت تستطيع أن تجمع معادلتين كيميائيتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية لتفاعل ما كان مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية مساويًا لتغير المحتوى الحراري للتفاعل النهائي.



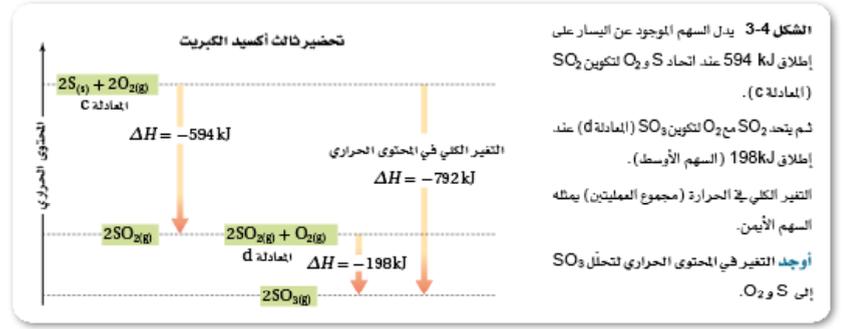
الشكل 3-3 إن التعبير الذي يقول إن "الألماس يبقى إلى الأبد. diamonds are forever" يدل على أن عملية تحويل الألماس إلى جرافيت عملية بطيئة جداً حتى أنه من المستحيل أن تقيس التغير في محتواه الحراري.

تطوير المفهوم

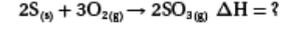
المزيد عن قانون هس وضح تطبيق قانون هس باستعمال المعادلات العامة الآتية: $A + B \rightarrow C$; $C + D \rightarrow E + B$.
بين كيف يمكن حذف كل من C و B من المعادلة الكلية لأنها موجودتان بالكمية نفسها في طرفي المعادلة. وبين كيف أن مجموع المعادلتين هو $A + D \rightarrow E$.

■ إجابة سؤال الشكل 3-4

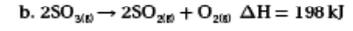
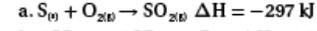
$$+ 792 \text{ kJ}$$



تطبيق قانون هس كيف يمكن استعمال قانون هس لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي ينتج ثالث أكسيد الكبريت SO₃؟



الخطوة 1 نحتاج إلى الاطلاع على معادلات كيميائية معلومة تُظهر فيها التغير في المحتوى الحراري للمواد في معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له. المعادلتان الآتيتان تحتويان على S و O₂ و SO₃



الخطوة 2 تبين معادلة التفاعل المطلوب حساب تغير التغير في المحتوى الحراري له أن 2mol من الكبريت يتحدان، إذن أعد كتابة المعادلة a لمولين من الكبريت بضرب معاملات المعادلة في اثنين. ثم ضاعف التغير الحراري ΔH؛ لأنه عند اتحاد 2mol من الكبريت تتضاعف الحرارة بهذه التغيرات، وتصبح المعادلة a كما يأتي (المعادلة c).

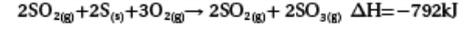


الخطوة 3 تبين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له أن ثالث أكسيد الكبريت هو ناتج وليس مادة متفاعلة، لذا اعكس المعادلة b.

عندما تعكس المعادلة يجب عليك أيضًا أن تغير إشارة ΔH. فتصبح المعادلة b كما يأتي:

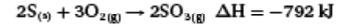


الخطوة 4 اجمع المعادلتين c و d لتحصل على المعادلة المطلوبة.



وهكذا تصبح المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي.

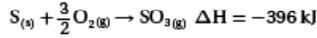
ويبين الشكل 3-4 تغيرات الطاقة في هذا التفاعل.



دفتر الكيمياء

موازنة دفتر الشيكات البنكية اطلب إلى الطلبة أن يصفوا التشابه بين موازنة دفتر الشيكات، وعملية حساب قيمة ΔH لتفاعل كيميائي، باستعمال قانون هس إذا لم يكن لدى الطلبة حسابات بنكية، زودهم بمثال يوضح كيفية عمل الموازنة من خلال دفتر الشيكات البنكية، اطلب إليهم تدوين وصفهم في دفاتر الكيمياء. **ضم م**

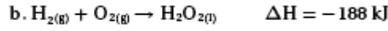
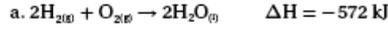
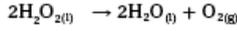
تكون المعادلات الكيميائية الحرارية عادةً موزونة لمول واحد من الناتج. ومن ثم نجد أنه في الكثير من هذه المعادلات يجب استعمال معاملات كسرية. مثلاً، نكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتفاعل الكبريت مع الأكسجين لإنتاج مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت كما يأتي:



ماذا قرأت؟ قارن بين المعادلة أعلاه والمعادلة الكيميائية الحرارية للمواد نفسها على الصفحة السابقة.

مثال 3-2

قانون هس، استعمال المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين a و b أدناه لإيجاد ΔH لتحلل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، وهو مركب له عدة استعمالات، منها إزالة لون الشعر، وتزويد محركات الصواريخ بالطاقة.

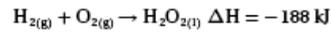
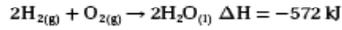


تحليل المسألة

لديك معادلتان كيميائيتان وتغير المحتوى الحراري لكل منهما. وهاتان المعادلتان تحتويان على جميع المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة.

المطلوب

$$\Delta H = ? \text{ kJ}$$



المعطيات

حساب المطلوب

H_2O_2 هو مادة متفاعلة

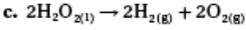
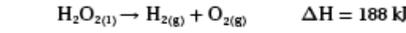
اعكس المعادلة b وغير إشارة ΔH

يلزم 2 mol من H_2O_2

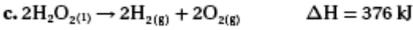
اضرب المعادلة b بعكسها في 2 لتحصل على المعادلة c

اضرب 188 kJ في 2 لتحصل على ΔH للمعادلة c

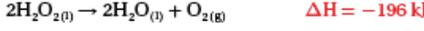
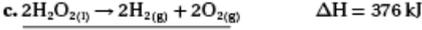
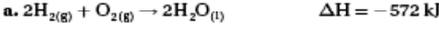
اكتب المعادلة c متضمنة ΔH



$$\Delta H = 188 \text{ kJ} \times 2 = 376 \text{ kJ}$$



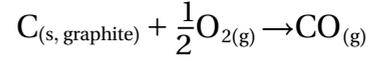
اجمع المعادلة a مع المعادلة c، واحذف كل حدّين موجودين على طرفي المعادلة المدججة. اجمع المحتوى الحراري للمعادلتين a و c.



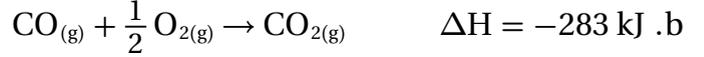
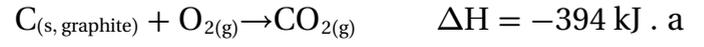
تقويم الإجابة

يتج عن جمع المعادلتين معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له.

سؤال احسب قيمة ΔH للتفاعل:



مستعملًا المعادلتين الكيميائيتين الحراريتين الآتيتين:



الإجابة

اكتب المعادلة c بعكس المعادلة b وتغير إشارة ΔH .



اجمع المعادلتين a و c لإنتاج المعادلة المطلوبة،



وبجمع قيمتي ΔH للمعادلتين a و c نجد أن:

$$\Delta H = -111 \text{ kJ}$$

ماذا قرأت؟ تمثل المعادلة أعلاه تكوين 1 mol من SO_3

باستعمال معامل كسري. وكتبت المعادلة التي في الصفحة السابقة؛ لتكوين 2 mol من SO_3 ، لذا فإن قيمة ΔH للمعادلة في الصفحة السابقة هي ضعفًا قيمة ΔH للمعادلة أعلاه.

عرض عملي



تفاعل التحلل الطارد للحرارة

تحذير: فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز 30% عامل مؤكسد قوي، ويمكن أن يتسبب في حروق شديدة. لذا البس النظارات، ومعطف المختبر، والقفازات، وقدم العرض في خزانة الأبخرة. ضع مخبرًا زجاجيًا مدرجًا في حوض أو مغسلة، وأضف إليه 5ml من فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 30% مع 5ml من سائل غسل الأطباق. استعمل ملعقة لإضافة 1g تقريبًا من يوديد البوتاسيوم KI إلى المخبار. KI ينشط أو يحفز تحلل H_2O_2 . يتحلل محلول H_2O_2 ذو التركيز 30% منتجًا H_2O و O_2 ، ومنتجًا أيضًا كمية كبيرة من الحرارة، ومكوّنًا رغوة تحتوي على O_2 .

دفتر الكيمياء

معادلات التكوين الكيميائية الحرارية

اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا في دفاترهم معادلات التكوين الكيميائية الحرارية للمركبات الآتية: سيانيد الفضة (s)، $\Delta H_f^\circ = 146 \text{ kJ/mol}$ ؛ هيدروكسيد الماغنيسيوم (s)، $\Delta H_f^\circ = -925 \text{ kJ/mol}$ ؛ خماسي فلوريد الفسفور، $\Delta H_f^\circ = -1578 \text{ kJ/mol}$ ؛ $CH_3COOH_{(l)}$ ؛ $\Delta H_f^\circ = -484 \text{ kJ/mol}$. **ضم**

مسائل تدريبية

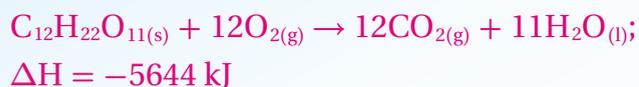
$$-385.4 \text{ kJ} \cdot 10$$

11. بسبب تغيير اتجاه المعادلة الأولى، تكون قيمة ΔH للتفاعل $b = -521 \text{ kJ}$

عرض عملي

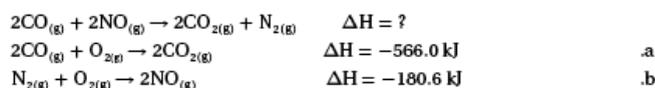


حرق السكر اعرض عملية احتراق سكر المائدة الطارد للطاقة، وذلك بنشر بعض الرماد الناعم من شظية خشبية على مكعب سكر؛ إذ يعمل رماد الخشب عمل مادة محفزة للاحتراق. ثم ضع المكعب في لهب الموقد باستعمال الملقط. وضع الكربون الناتج عن الاحتراق في سلّة النفايات بعد أن يبرد. وأخيراً اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق السكر، الذي ينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون، وماء سائل.

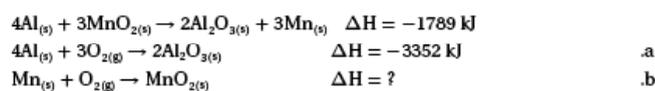


مسائل تدريبية

10. استعمل المعادلتين a و b لإيجاد ΔH للتفاعل الآتي:



11. تحدّد إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي -1789 kJ ، استعمل بذلك مع المعادلة a لإيجاد ΔH للتفاعل b

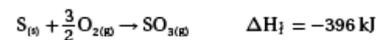


المحتوى الحراري (حرارة) التكوين القياسية

Standard Enthalpy (Heat) of Formation

يمكنك قانون هس من حساب التغير في المحتوى الحراري ΔH وذلك بالاعتداد 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 لا نهاية لها. وعوضاً عن ذلك، يسجل العلماء ويستعملون التغيرات في المحتوى الحراري فقط لنوع واحد من التفاعل، وهو التفاعل الذي يتكون فيه المركب من عناصره في حالاتها الطبيعية القياسية (عند ضغط جوي واحد (1atm) ودرجة حرارة 25°C (298k)). فمثلاً، الحديد صلب، والزنك السائل، والأكسجين غاز ثنائي الذرة في الحالة القياسية. يسمى 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 تكون ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مثلاً على تفاعل حرارة تكوين قياسية.

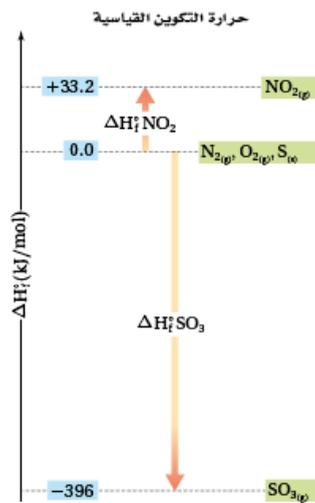


ينتج عن هذا التفاعل ثالث أكسيد الكبريت SO_3 ، وهو غاز خائق يتسبب في إنتاج المطر الحمضي عندما يختلط بالرطوبة الموجودة في الجو. والشكل 3-5 يبين النتائج المدعومة للمطر الحمضي.



الشكل 3-5 يتحد ثالث أكسيد الكبريت مع الماء في الجو مكوناً حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، وهو حمض قوي يحصل إلى الأرض على شكل مطر حمضي. المطر الحمضي يدمر الأشجار والممتلكات بيضاء.

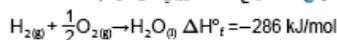
■ **إجابة سؤال الشكل 3-6 يجب وضع H₂O تحت 0.0 kJ وعلى بعد ثلاثة أرباع المسافة من -396 kJ**



الشكل 3-6 ΔH_f° للعناصر N₂ وO₂ وS تساوي (0.0 kJ). عندما يتفاعل N₂ مع O₂ لتكوين مول واحد من NO₂ يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة.

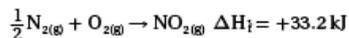
لذا، فإن ΔH_f° لـ NO₂ تساوي 33.2 kJ/mol. أما عند تفاعل S مع O₂ لتكوين مول واحد من SO₃ يُطلق 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH_f° لـ SO₃ تساوي -396 kJ/mol.

توقع صف موقع الماء التقريبي على الرسم أعلاه.



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 تدريجياً لقيم حرارة التكوين للمركبات، والتي تم إيجادها مخبرياً. يمكنك التفكير في الصفر على هذا التدرج بما يشبه الصفر المشوي 0.0°C الذي تُحدّد درجة 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 تحت الصفر.

إيجاد حرارة التكوين بالتجارب المختبرية تفاعل تكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين الموضح بالمعادلة:



من عنصري النيتروجين والأكسجين في الحالة القياسية، تكون حرارة التكوين لها تساوي صفراً. وعند تفاعل النيتروجين مع الأكسجين لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين وجد مخبرياً أن ΔH_f° يساوي 33.2 kJ.

وهذا يعني أن 33.2 kJ من الطاقة قد امتصت في هذا التفاعل الماص للحرارة. أي أن المحتوى الحراري للنتائج للنتائج أعلى من المحتوى الحراري للمتفاعلات بمقدار 33.2 kJ. يبين الشكل 3-6 أنه على تدرج حرارة التكوين القياسية يوضع NO₂ فوق العناصر المكونة له بمقدار 33.2 kJ. ويوضع ثالث أكسيد الكبريت SO₃ بمقدار 396 kJ تحت الصفر؛ لأن SO₃ ينتج عن تفاعل طارد للحرارة. أي أن حرارة التكوين لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° هو -396 kJ. يحتوي الجدول 3-3 على قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات الشائعة.

الجدول 3-3	حرارات التكوين القياسية	المركب
ΔH_f° (kJ/mol)	معادلة التكوين	
-21	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{g})$	H ₂ S(g)
-273	$\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HF}(\text{g})$	HF(g)
-396	$\text{S}(\text{s}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$	SO ₃ (g)
-1220	$\text{S}(\text{s}) + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SF}_6(\text{g})$	SF ₆ (g)

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة أن يستعملوا المحتوى الحراري لاحتراق السكر 5644 kJ/mol ، والمحتوى الحراري لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون، والماء السائل؛ لحساب ΔH_f° للسكر.



$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H_f^\circ (\text{products}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reactants})$$

$$-5644 \text{ kJ} = (12(-394 \text{ kJ}) + 11(-286 \text{ kJ})) - \Delta H_f^\circ \text{ سكر}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ سكر} = -2230 \text{ kJ}$$

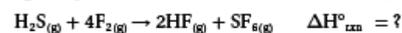
تطبيقات كيميائية

المضخات الحرارية اشرح للطلبة أن العديد من المنازل في دول العالم المختلفة يتم تكييفها بواسطة المضخات الحرارية التي تستفيد من التبخر الماص للحرارة، والتكاثف الطارد للحرارة في مركبات التبريد التي تُدعى الهيدروكلورو - فلوروكربونات HCFC's، والتي تتكون من عناصر الهيدروجين، والكلور، والفلور، والكربون، حيث تمتلك HCFC's تغيرات محتوى حراري عالية للتبخر والتكاثف، لذا وضح للطلبة أن المضخة الحرارية تشبه الثلاجة التي يمكن أن تعمل في اتجاهين؛ ففي الصيف تستفيد المضخة الحرارية من التبخر الماص للحرارة لدى المبرد؛ لتمتص الحرارة من داخل المنزل، وتستفيد من التكاثف الطارد للحرارة للمبرد؛ لكي تطرد الحرارة إلى الهواء الخارجي. أما في الشتاء فتستخدم المضخة الحرارية تبريد المبرد الماص للحرارة؛ لتمتص الحرارة من الهواء الخارجي البارد، ثم تستخدم عملية التكاثف الطارد للحرارة لتنقل الحرارة إلى داخل المنزل. وتجدر الإشارة إلى أنه تمت الاستعاضة عن HCFC's لأنها أثرت في طبقة الأوزون، واستعملت مركبات أخرى رفيعة للبيئة.

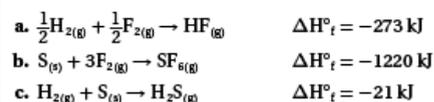
الشكل 3-7 يستعمل سادس فلوريد الكبريت في حفر أشكال دقيقة، وأحياناً ينمط محدد على رقاقات السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. تعتبر أشباه الموصلات أجزاء مهمة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة ومنها الحواسيب والهواتف الخلوية ومشغلات MP3، وغيرها.



استعمال حرارة التكوين القياسية تستعمل حرارة التكوين القياسية في حساب حرارة التفاعل $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ لكثير من التفاعلات في الظروف القياسية باستعمال قانون هس. افترض أنك أردت أن تحسب $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ لتفاعل ينتج سادس فلوريد الكبريت، وهو غاز مستقر، غير نشط، له تطبيقات مهمة. واحدة منها مبيئة في الشكل 3-7.



الخطوة 1 ارجع إلى الجدول 3-5 لتجد معادلة تفاعل تكوين كل من المركبات الثلاثة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$.



الخطوة 2 المعادلتان **a** و **b** تصفان تكوّن الناهجين HF و SF₆ في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ ، لذا استعمل المعادلتين **a** و **b** كما هما.

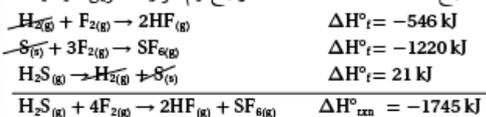
المعادلة **c** تصف تكوّن H₂S، ولكن H₂S هو أحد المواد المتفاعلة في معادلة التفاعل المراد حساب حرارته القياسية. لذا اعكس المعادلة **c** وغير إشارة $\Delta H_{\text{f}}^{\circ}$ فيها.



الخطوة 3 تحتاج إلى mol من 2 HF. لذلك اضرب المعادلة **a** في 2.



الخطوة 4 اجمع معادلات التفاعلات الثلاث، واجمع قيم حرارة التكوين القياسية.



دفتر الكيمياء

تحويل المعادلات الكيميائية إلى معادلات كيميائية حرارية اطلب إلى الطلبة أن يختاروا خمس معادلات كيميائية، وأن يجدوا حرارة التكوين للمواد المتفاعلة والنواتج، ويحسبوا ΔH لكل من هذه التفاعلات، وأخيراً اطلب إليهم أن يحولوا كل معادلة كيميائية إلى معادلة كيميائية حرارية، ويلخصوا نتائجهم في جداول، ويسجلوها في دفتر الكيمياء. **ض م**

مشروع الكيمياء

جيرمين هس اطلب إلى الطلبة أن يعدوا بحثاً عن حياة جيرمين هس، وأن يعرضوا نتائج بحثهم على شكل تقرير، أو بالتسلسل الزمني، أو بالصورة، واطلب إليهم أيضاً أن يشمل بحثهم الأحداث السياسية، والعلمية الرئيسية التي حدثت في الزمن الذي عاش فيه هس. ثم اسأل: ما أثر تلك الأحداث في الأبحاث العلمية في زمن هس؟ **ض م**



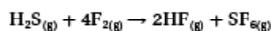
يمكن تلخيص خطوات حساب حرارة التفاعل القياسية $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ بالصيغة أدناه:

معادلة التجميع

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

$\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ تمثل حرارة التفاعل القياسية، ولا تمثل مجموع الحدود.

انظر كيف تطبق هذه الصيغة على تفاعل كبريتيد الهيدروجين مع الفلور.



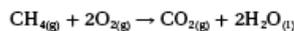
$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [2\Delta H^\circ_f \text{ HF} + \Delta H^\circ_f \text{ SF}_6] - [\Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{S} + (4)\Delta H^\circ_f \text{ F}_2]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [2(-273 \text{ kJ}) + (-1220 \text{ kJ})] - [-21 \text{ kJ} + 4(0.0 \text{ kJ})]$$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = -1745 \text{ kJ}$$

مثال 3-3

إيجاد تغير المحتوى الحراري من حرارات التكوين القياسية استعمال حرارات التكوين القياسية لحساب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ لتفاعل احتراق الميثان.



تحليل المسألة

لديك معادلة المطلوب أن تحسب التغير في المحتوى الحراري. يمكن استعمال العلاقة الرياضية:

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

المطلوب

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = ? \text{ kJ}$$

المعطيات

$$\Delta H^\circ_f \text{ CO}_2 = -394 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ H}_2\text{O} = -286 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ CH}_4 = -75 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{ O}_2 = 0.0 \text{ kJ}$$

حساب المطلوب

استعمل العلاقة الرياضية:

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [\Delta H^\circ_f(\text{CO}_2) + (2)\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O})] - [\Delta H^\circ_f(\text{CH}_4) + (2)\Delta H^\circ_f(\text{O}_2)]$$

عوّض عن المواد الناتجة بـ CO_2 وعن المواد المتفاعلة بـ H_2O CH_4 و O_2 واضرب كلًّا من H_2O و O_2 في 2

عوّض قيم حرارة التكوين في المعادلة

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [(-394 \text{ kJ}) + (2)(-286 \text{ kJ})] - [(-75 \text{ kJ}) + (2)(0.0 \text{ kJ})]$$

احتراق 1 mol من CH_4 يعطي

$$891 \text{ kJ}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [-966 \text{ kJ}] - [-75 \text{ kJ}] = -966 \text{ kJ} + 75 \text{ kJ} = -891 \text{ kJ}$$

تقويم الإجابة

القيمة التي تم حسابها هي القيمة المعطاة في الجدول 3-1 نفسها.

الأداء. كَوْن فريقين من الطلبة لإجراء بحث، ومناظرة حول استعمال الوقود الأحفوري مصدرًا للطاقة لتوليد الكهرباء في المملكة (على أن يكون أحدهما مؤيدًا، والآخر معارضًا لهذه الفكرة)، وتأكد من أن تشمل المناظرة الجوانب الاقتصادية والبيئية. **ضم م**

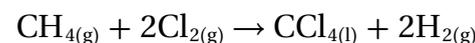
التعلم البصري

الجدول 3-5 اطلب إلى الطلبة أن يختاروا ثلاثة تفاعلات من القائمة الموجودة في الشكل 3-9 باستثناء تكوين $\text{NO}_2(\text{g})$ المبين في الجدول 3-5، وإعداد رسوم تبين تغيرات الطاقة التي تحدث. دعهم يتخذوا الشكل 3-9 نموذجًا لرسومهم. **ضم م**

مثال في الصف

سؤال استعمال جداول حرارة التكوين القياسية لحساب

$\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ للتفاعل الآتي:



جواب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = -53.4 \text{ kJ}$

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = -128.2 \text{ kJ} - (-74.81 \text{ kJ}) = -53.4 \text{ kJ}$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل الطلبة إذا كانت طاقة العناصر في حالاتها الطبيعية تساوي صفرًا. لا. ثم اسأل "لماذا إذن تحدد قيمة المحتوى الحراري للعناصر في حالاتها الطبيعية بالصفر؟" **تعطى القيمة صفر للمحتوى الحراري؛ لتثبيت قيمة قياسية يمكن مقارنتها بالمحتوى الحراري للمركبات، أو المحتوى الحراري للعناصر، عندما لا تكون في حالاتها الطبيعية. ضم م**

إعادة التدريس

اسأل الطلبة، كيف يمكنهم استعمال بيانات حرارة التكوين لحساب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ لتفاعل لا يمكنهم إجراؤه. **اكتب معادلة للتفاعل،**

ثم استعمال المعادلة.

$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = \sum \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \sum \Delta H^\circ_f(\text{المتفاعلات})$$

التوسع

أعط الطلبة البيانات الآتية: ΔH°_f (الكربون، الجرافيت) = 0.0 kJ/mol ، ΔH°_f (الكربون، الماس) = 1.9 kJ/mol . واطلب إليهم أن يكتبوا معادلة تحويل الجرافيت إلى الماس وإيجاد.



$$\Delta H_{\text{rxn}} = 1.9 \text{ kJ} - 0.0 \text{ kJ} = 1.9 \text{ kJ}$$

اسأل ما الحالة الطبيعية للكربون؟ **جرافيت ضم م**



المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا معادلة تكوين نترات النحاس II الصلبة.



اسأل الطلبة ماذا يُسمَّى التغيُّر في المحتوى الحراري للمعادلة.

المحتوى الحراري لتكوين نترات النحاس II الصلبة. **ضم**

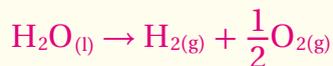
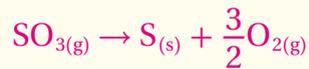
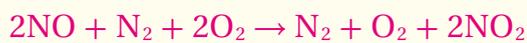
مسائل تدريبية



المعادلة تكوين NO : $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$

المعادلة تكوين NO₂ : $\text{N}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

NO مادة متفاعلة في المسألة، لذا اجمع معادلة تكوين NO المعكوسة إلى معادلة تكوين NO₂:



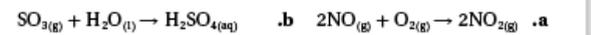
$$-1398 \text{ kJ .13}$$

$$-2186 \text{ kJ .14}$$

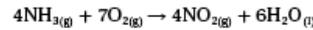
$$33.2 \text{ kJ .15}$$

مسائل تدريبية

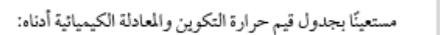
12. بين كيف أن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات الآتية، دون البحث عن قيم ΔH واستعمالها في الحل.



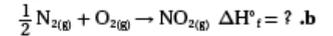
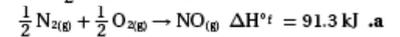
13. مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين القياسية (أحد ملاحق الكتاب)، احسب $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للتفاعل الآتي.



14. أوجد $\Delta H_{\text{comb}}^\circ$ لحمض البيوتانويك، $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}(l)$ ، $4\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$ ، مستعيناً بجدول قيم حرارة التكوين والمعادلة الكيميائية أدناه:



15. تحدّد تدمج معادلتنا حرارة التكوين a و b لتكوّننا معادلة لتفاعل أكسيد النيتروجين مع الأكسجين. وينتج عن التفاعل ثاني أكسيد النيتروجين.



ما قيمة $\Delta H_{\text{f}}^\circ$ للتفاعل ؟b

التقويم 2-3

الخلاصة

16. **الغرض من الوحدة** وضع المقصود بقانون هس، وكيف يستعمل لإيجاد $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ ؟
17. اشرح بالكلمات الصيغة التي يمكن استعمالها لإيجاد $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ عند استعمال قانون هس.
18. صف كيف تعرّف العناصر في حالاتها الطبيعية القياسية على تدرّج حرارة التكوين القياسية.
19. تفحص البيانات في الجدول 3-5. ماذا يمكن أن تستنتج عن ثبات أو استقرار المركبات المذكورة مقارنةً بالعناصر في حالاتها الطبيعية؟ تذكر أن الثبات والاستقرار يرتبط مع الطاقة المنخفضة.
20. احسب استعمال قانون هس لإيجاد ΔH للتفاعل أدناه:
- $$\text{NO}(g) + \text{O}(g) \rightarrow \text{NO}_2(g) \quad \Delta H = ?$$
21. تفسير الرسوم العلمية استعماله البيانات أدناه لعمل رسم حرارة التكوين القياسية مشابه للشكل 3-9، واستعمله في إيجاد حرارة تبخر الماء عند 298 K.
- الماء السائل: $\Delta H_{\text{f}}^\circ = -285.8 \text{ kJ/mol}$
- الماء في الحالة الغازية: $\Delta H_{\text{f}}^\circ = -241.8 \text{ kJ/mol}$
- يمكنك حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بجمع اثنين أو أكثر من المعادلات الكيميائية الحرارية والتغيرات في محتواها الحراري.
- يتم تحديد حرارة التكوين القياسية للمركبات مقارنةً بحرارة التكوين لعناصرها في حالاتها الطبيعية.

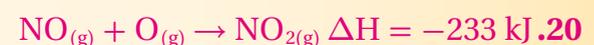
التقويم 2-3

16. ينص قانون هس على أنه إذا كان مجموع معادلتين أو أكثر يساوي معادلة كلية، فعندئذٍ تكون $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للمعادلة الكلية مساوية لمجموع قيم $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للمعادلات التي دجت.

17. $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ = \sum \Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{products}) - \sum \Delta H_{\text{f}}^\circ(\text{reactants})$. المحتوى الحراري. التفاعل في الظروف القياسية (ضغط جوي واحد و 298 k) يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية للنواتج ناقص مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد المتفاعلة.

18. تعطى لهم حرارة تكوين تساوي الصفر.

19. المركبات الموجودة في الجدول 3-5 جميعها أكثر ثباتاً من العناصر التي تكونت منها.



21. ستبين الرسوم الماء السائل عند 285.8 kJ/mol تحت 0.0 kJ، والماء في الحالة الغازية عند 241.8 kJ/mol تحت 0.0 kJ.

حرارة التبخر هي فرق الطاقة بين الخطين، أو: $285.8 \text{ kJ} - (-241.8 \text{ kJ}) = 44.0 \text{ kJ}$

كيف تعمل الأشياء؟

الهدف

سيتعلم الطلبة كيف تستطيع بعض المركبات أن تستخدم أنواعاً من المحروقات تتراوح ما بين 100% بنزين إلى E85، وهو وقود 15% من حجمه من البنزين و85% من حجمه إيثانول.

الخلفية النظرية

البنزين هو خليط من الهيدروكربونات المشتقة من البترول والإيثانول، ويعرف أيضاً باسم كحول الجيوب قابل للذوبان في الماء وقابل للتحلل حيويًا، ولذلك فإن انسكاب E85 أقل ضرراً بالبيئة من انسكاب البنزين.

يستطيع الإيثانول إتلاف نظام الوقود في المركبات التقليدية، ولتجنب هذا التلف تصنع أنابيب السيارات التي تستعمل الإيثانول في وقودها من الفولاذ الذي لا يصدأ، أو تكون هذه الأنابيب مبطنة بالبلاستيك - بولي تترافلوروايثيلين (PTFE).

يوجد في معظم المركبات ثنائية الوقود مَجَسَّسٌ للأكسجين يدعى مَجَسَّسٌ لامدا، وهو يخلل غازات العادم، ويرسل المعلومات إلى حاسوب موجود في المركبة، فيقوم بدوره بتعديل نسبة الوقود إلى الهواء، وتوقيت إشعال الشرر؛ للحصول على الأداء الأمثل. يتفاوت التخفيض المتوقع في كمية غازات الدفيئة الناتج عن استعمال E85 كثيرًا، وذلك اعتمادًا على تقنيات المركبة، والمواد الخام المستعملة؛ لإنتاج الإيثانول، وطرق إنتاج الإيثانول.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة أن يفسروا التوضيحات في الصورة للإجابة عن السؤال الآتي: كيف تختلف حاقيات الوقود في FFV عنها في المركبات التقليدية؟ **يجب أن تكون حاقيات الوقود FFV قادرة على حقن المزيد من الوقود.**
- وجّه الطلبة لمناقشة العوامل الاقتصادية والبيئية المتعلقة بحرق E85.
- استعمل هذا الموضوع في مراجعة الحسابات الكيميائية. واطلب إلى الطلبة حساب نسب كتلة الوقود - الأكسجين لتفاعلي الاحتراق. **نسبة كتلة الأوكتان إلى الأكسجين في الاحتراق الكامل هي 1: 3.502، ونسبة كتلة الإيثانول إلى الأكسجين هي 1: 2.0838**

كيف تعمل الأشياء؟

المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود

قد لا تزودنا محطات الوقود في المستقبل غير البعيد فقط بأنواع من الجازولين، ولكنها ستضخ أيضًا وقودًا يسمى E85. يمكن استعمال هذا الوقود في المركبات ذات المرونة في استعمال الوقود أو (FFV) flexible fuel - vehicle. والفرق بين هذا النوع من المركبات والمركبات التقليدية أن المركبات التقليدية تعمل على الجازولين بنسبة 100% أو على خليط يتكون من 10% إيثانول و90% بنزين، في حين FFV تعمل على أنواع الوقود التي تعمل بها المركبات التقليدية، وعلى E85 الذي يحتوي على 85% كحول. ويتميز الوقود E85 بعدم اعتماده على الوقود الأحفوري بنسبة عالية.



1 مصدر متجدد E85 وقود 15% من حمضه بنزولين و 85% إيثانول. الإيثانول C₂H₅OH وقود متجدد يمكن إنتاجه من التبن.

2 فائدة بيئية: ينتج احتراق E85 من احتراق غازات العادم: ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين متماثلة بالجازولين.

3 متطلبات الاحتراق: FFV الذي يحرق E85 يستلزم أن يحدد أخصاء خبراء (أهل) من سبب مختلف من الجازولين. حاقيات الوقود في FFV يجب أن تقدر على حقن كمية أكبر من 30%.

4 ملح التلطف: ان مستوى الإيثانول في E85 حال تدويره يترك بعض المواد المستعملة في المركبات التقليدية. لذلك يصنع خزان وقود FFV من الفولاذ الذي لا يصدأ. كذلك فإن أنابيب الوقود تصنع من الفولاذ الذي لا يصدأ أو تكون مبطنة بمواد لا تتفاعل.

الكتابة في الكيمياء

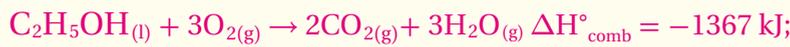
اكتب معادلات كيميائية حرارية تمثل الاحتراق الكامل لكل من 1mol من الأوكتان C₈H₁₈، وهو أحد مكونات البنزين، و 1mol من الإيثانول. $(\Delta H_{\text{comb}} \text{ C}_8\text{H}_{18} = -5471 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{\text{comb}} \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = -1367 \text{ kJ/mol})$

أيها يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1mol من الوقود؟
أيها يطلق كمية أكبر من الطاقة لكل 1 Kg من الوقود؟

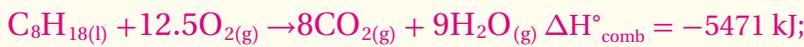
⚠ للاطلاع فقط

الكتابة في الكيمياء

احتراق الإيثانول:



احتراق الأوكتان:



يطلق الأوكتان طاقة أكثر لكل مول. الكتلة المولية للإيثانول هي 46.07 g

$$\left(-\frac{1367 \text{ kJ}}{0.04607 \text{ kg}} \right) = 29,670 \text{ kJ/kg}$$

$$\left(-\frac{5471 \text{ kJ}}{0.11423 \text{ kg}} \right) = -47,890 \text{ kJ/kg}$$

الطاقة لكل kg.

وبما أن احتراق الإيثانول يولد كمية أقل من الطاقة عند احتراق كتلة (g)

مساوية للبنزين، فإن المسافة المقطوعة (km / l) عند استعمال الإيثانول

أقل من المسافة المقطوعة عند استعمال البنزين.

مختبر الكيمياء

قياس السرعات الحرارية

الزمن 30 دقيقة

المهارات العملية المشاهدة، القياس، الاستنتاج.

احتياطات السلامة وافق على نماذج السلامة قبل البدء بالعمل، بما أن التفاعل طارد للحرارة وينتج لهباً؛ لذا على الطلبة أن يلبسوا المعاطف والنظارات الواقية.

التخلص من النفايات يمكن وضع الرماد في وعاء النفايات الصلبة، وغسل الكأس بالماء والصابون، لإزالة السناج.

المواد البديلة يمكن استعمال مأكولات مشابهة كرقائق الذرة، بدلاً من رقائق البطاطس، وقد كانت عينة البيانات تتعلق برقائق قليلة الدهون.

خطوات العمل

- الفت الانتباه إلى أن السناج المتجمع على الكأس هو كربون غير محترق، وإليه تعود النسبة الكبرى من الخطأ.
- تجنب الأخطاء سيرتفع اللهب مسافة 10 cm فوق رقاقة البطاطس.

حلل واستنتج

1. التفاعل طارد للحرارة؛ لأنك ترى حرارة وضوءاً، كما ترتفع درجة حرارة الماء.
 2. تتفاعل رقاقة البطاطس مع الأكسجين في الهواء، فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، والكربون غير المحترق. لم تستهلك الرقاقة كلياً، ويدل على ذلك وجود السناج والرماد.
 3. 50.26 g ماء، 15.3 °C، رقاقة/ 3220 J
 4. 0.770 cal
 5. 28 g لكل حصة
- $$\left(\frac{0.770 \text{ K Cal}}{1 \text{ chip}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ chip}}{1.63 \text{ g}}\right) \times \frac{28 \text{ g}}{1 \text{ serving}} = 13.2 \text{ K Cal}$$
6. 75cal لكل حصة، ولكن ستباين الإجابات حسب الرقائق المستعملة،
- $$\frac{(75 \text{ K Cal} - 13.2 \text{ K Cal})}{75 \text{ K Cal}} \times 100 = 82\%$$
- نسبة الخطأ:

مختبر الكيمياء

قياس السرعات الحرارية

الخطيئة، إن حرق شريحة بطاطس يطلق الحرارة المختزنة في المواد الموجودة في الشريحة. مستعملاً المسعر ستجد الكمية التقريبية للطاقة الموجودة في شريحة بطاطس.

سؤال، ما عدد السرعات في شريحة البطاطس؟

المواد والأدوات اللازمة

شريحة بطاطس كبيرة أو أي	حامل حلقة مع حلقة
طعام خفيف مشابه	شبكة تسخين
كأس سعته 250 ml	أعواد ثقاب
شيار مدرج سعته 100 ml	ساق تحريك زجاجيه
طبق تبخير	ميزان
مقياس درجة حرارة ثرمومتر غير زئبقي	

إجراءات السلامة

تحذير، بعض الأشياء الساخنة قد لا تبدو في مظهرها ساخنة. لا تسخن أواني زجاجية مكسورة أو مكسوراً جزء منها أو متصدعة. اربط الشعر الطويل إلى الخلف. لا تأكل أي شيء يستعمل في المختبر.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قس كتلة شريحة البطاطس وسجلها في جدول بيانات.
3. ضع شريحة البطاطس في صحن تبخير على القاعدة الغازية لحامل الحلقة. ثبت الحلقة وشبكة التسخين بحيث تكونان على ارتفاع 10 cm فوق شريحة البطاطس.
4. قس كتلة كأس سعته 250 ml فارغة وسجلها في جدول البيانات.
5. مستعملاً المخبار المدرج، قس 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 الشبكة التسخين على الحامل الحلقي. أشعل شريحة البطاطس أسفل الكأس.
8. حرك الماء في الكأس بلطف في أثناء احتراق الشريحة. قس أعلى درجة حرارة يصلها الماء وسجلها.
9. التخلص من النفايات اتبع تعليمات المعلم.

الاستقصاء

توقع هل لشرائح البطاطس جميعها عدد السرعات نفسه؟ اعمل خطة لفحص أنواع مختلفة من الشرائح.

الاستقصاء

ستباين الإجابات. ويجب أن تشمل التجارب جميعها عناصر مختبر الكيمياء، بما فيها احتياطات السلامة والأمان.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

لتعزيز مفردات الفصل، اطلب إلى الطلبة، كتابة عبارات يتم فيها توظيف هذه المفردات. **ض م**

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلبة أن يربطوا بين طاقة الوضع الكيميائية، والتفاعلات الطاردة والماصة للحرارة. **ض م**
- اطلب إليهم أن يصفوا خطوات كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية. **ض م**
- اطلب إليهم أن يشرحوا أهمية قانون هس، واستعماله في تحديد حرارة التفاعلات الكيميائية. **ض م**

الفكرة العامة تتنص التفاعلات الكيميائية عادة الحرارة أو تطلقها.

3-1 المعادلات الكيميائية الحرارية

المفاهيم الرئيسية

- تشمل المعادلة الكيميائية الحرارية الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناجمة والتغير في المحتوى الحراري.
- حرارة التبخر المولارية، ΔH_{vap} ، هي كمية الطاقة اللازمة لتبخير 1 mol من السائل.
- حرارة الانصهار المولارية، ΔH_{fus} ، هي كمية الطاقة اللازمة لصهر 1 mol من المادة الصلبة.

تعريف رئيسية تعبر المعادلات الكيميائية الحرارية عن كمية الحرارة المطلقة أو الممتصة في التفاعلات الكيميائية.

المفردات

- المعادلة الكيميائية الحرارية
- حرارة الاحتراق
- حرارة التبخر المولارية
- حرارة الانصهار المولارية

3-2 حساب التغير في المحتوى الحراري

المفاهيم الرئيسية

- 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.

$$\Delta H^{\circ}_{rxn} = \sum \Delta H^{\circ}_f(\text{النواتج}) - \sum \Delta H^{\circ}_f(\text{التفاعلات})$$

تعريف رئيسية يستعمل قانون هس في حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات باستعمال قانون هس.

المفردات

- قانون هس
- حرارة التكوين القياسية



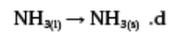
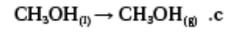
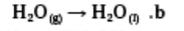
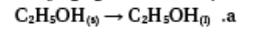
يمكن للطلبة زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- المزيد من المعلومات والمشايخ والنشاطات.
- بعد إجراء التعديل يتم توحيدها في كافة الفصول.

3-1

إتقان المفاهيم

22. اكتب إشارة ΔH لكل من تغيرات الحالة الفيزيائية الآتية:



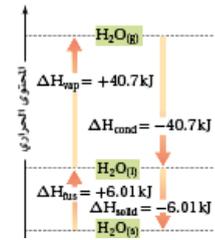
23. حرارة الانصهار المولية للميثانول هي 3.22 kJ/mol . ماذا يعني ذلك؟

24. اشرح كيف يساعد التعرق على تبريد جسمك؟

25. اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الميثان.

إتقان حل المسائل

26. استعمل بالمعلومات من الشكل 3-8 لحساب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 4.33 mol من الماء عند درجة حرارة 100°C .



الشكل 3-8

27. الزراعة يرش الماء على البرتقال في ليلة باردة. إذا كان متوسط ما يتجمد من الماء على كل برتقالة 11.8 g في كمية الحرارة المنطلقة؟

28. الشواء ما كتلة البرويان C_6H_6 التي يجب حرقها في مشواة لكي تطلق 4560 kJ من الحرارة؟ ΔH_{comb} للبرويان تساوي -2219 kJ/mol

29. التدفئة باستعمال الفحم ما كمية الحرارة التي تنطلق عند احتراق 5.0 Kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون فيه 96.2% والمواد الأخرى التي يحتويها الفحم لا تتفاعل؟ ΔH_{comb} للكربون يساوي -394 kJ/mol

30. ما كمية الحرارة المنطلقة من تكثف 1255 g بخار ماء إلى ماء سائل عند درجة حرارة 100°C ؟

31. عينة من الأمونيا تطلق 5.66 kJ من الحرارة عندما تتصلب عند درجة انصهارها. ما كتلة العينة؟

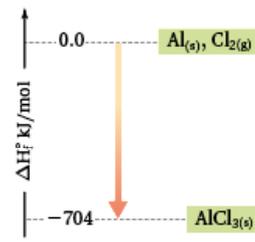
3-2

إتقان المفاهيم

32. ماذا تصف حرارة التكوين القياسية لمركب معين؟

33. كيف تتغير ΔH في معادلة كيميائية حرارية إذا تضاعفت كميات المواد جميعها ثلاث مرات وعكست المعادلة؟

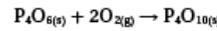
34. استعمل الشكل 3-9 لكتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لتكوين 1 mol من كلوريد الألومنيوم (وهو صلب في حالته الطبيعية) من عناصره في حالتها القياسية.



الشكل 3-9

إتقان حل المسائل

35. استعمل حرارة التكوين القياسية لحساب $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ للتفاعل الآتي:



3 الفصل

3-1

إتقان المفاهيم

22. a. موجب

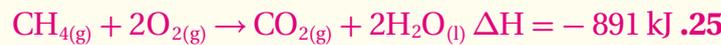
b. سالب

c. موجب

d. سالب

23. هذا يعني أن 3.22 kJ من الطاقة يتطلبها صهر مول واحد من الإيثانول.

24. يبرد جسمك؛ لأنه يزود الحرارة اللازمة لتبخير الماء عن جلدك.



إتقان حل المسائل

26. 176 kJ

27. -3.94 kJ

28. 90.60 g

29. $-158,000 \text{ kJ}$

30. 2830 kJ

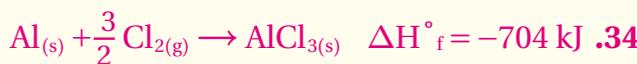
31. 17.03 g

3-2

إتقان المفاهيم

32. تصف حرارة التكوين القياسية التغير في محتوى الطاقة، عندما يتكون مول واحد من المركب من عناصره في حالاتها الطبيعية.

33. ΔH تتضاعف 3 مرات، وتتغير إشارتها.



إتقان حل المسائل

35. -1343.9 kJ

تقويم إضافي

الكتابة 2. الكيمياء

41. الوقود البديل يبحث من خلال المصادر وشبكة الإنترنت حول كيف يمكن إنتاج الهيدروجين وشحنه واستعماله وقوداً للسيارات. لخص الفوائد والعوائق لاستعمال الهيدروجين وقوداً بديلاً في محركات الاحتراق الداخلي.

أسئلة المستندات

زيت الطبخ قامت مجموعة بحث جامعية بحرق أربعة أنواع من زيوت الطبخ في مسعر لتحديد ما إذا كان هناك علاقة بين حرارة الاحتراق وعدد الروابط الثنائية في جزيء الزيت. تحتوي زيوت الطبخ على سلاسل طويلة من ذرات الكربون التي ترتبط بروابط مفردة أو ثنائية. السلسلة التي لا تحتوي على روابط ثنائية تسمى المشبعة. والزيوت التي تحتوي على رابطة ثنائية أو أكثر تسمى غير مشبعة. حرارة الاحتراق للزيوت الأربعة موجودة في الجدول 3-4. حسب الباحثون نسبة انحراف النتائج فوجدوا أنها 0.6%، واستنتجوا أنه لا يمكن تحري أي علاقة بين التشبع وحرارة الاحتراق بالطريقة المختبرية المستعملة.

الجدول 3-4 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

42. أي الزيوت أعطى أكبر كمية من الحرارة لكل وحدة كتلة عند احتراقه؟

43. ما مقدار الحرارة التي يمكن أن تنطلق عند حرق 0.554 kg من زيت الزيتون؟

44. 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. ما هي درجة الحرارة النهائية للماء؟

36. استعمل قانون هس والمعادلتين الكيميائيتين الحراريتين

الآتيتين لإيجاد المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل

جرافيت \rightarrow C(s, الماس) \rightarrow C(s, الماس) ΔH للتفاعل؟

a. $\text{C(s, جرافيت)} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} \Delta H = -394 \text{ kJ}$

b. $\text{C(s, الماس)} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} \Delta H = -396 \text{ kJ}$

37. استعمل قانون هس والتغيريات في المحتوى الحراري

للتفاعلين الشاملين الآتيتين لحساب ΔH للتفاعل:

$2\text{A} + \text{B}_2\text{C}_3 \rightarrow 2\text{B} + \text{A}_2\text{C}_3$

$2\text{A} + \frac{3}{2}\text{C}_2 \rightarrow \text{A}_2\text{C}_3 \quad \Delta H = -1874 \text{ kJ}$

$2\text{B} + \frac{3}{2}\text{C}_2 \rightarrow \text{B}_2\text{C}_3 \quad \Delta H = -285 \text{ kJ}$

التفكير الناقد

38. طبق 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:

$\text{PCl}_{3(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{PCl}_{5(\text{g})}$

a. $\text{P}_{4(\text{s})} + 6\text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{PCl}_{3(\text{g})} \Delta H = -1280 \text{ kJ}$

b. $\text{P}_{4(\text{s})} + 10\text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{PCl}_{5(\text{g})} \Delta H = -1774 \text{ kJ}$

39. توقع أي من المركبين: غاز الميثان CH_4 ، وبخار الميثانول CH_3O ،

لديه حرارة احتراق أكبر؟ وضع إجابتك. (ملاحظة: اكتب وقارن

المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين لتفاعلي الاحتراق لكل منهما).

مسألة تحد

40. 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 .

اكتب معادلة احتراق غاز الإيثان مكوناً ثاني أكسيد الكربون

والماء. احسب حرارة الاحتراق القياسية للإيثان مستعملاً

حرارة تكوينه القياسية والتي تساوي -84 kJ/mol . استعمل

النتيجة وحرارة الاحتراق القياسية للميثان من الجدول 3-1،

في حساب الطاقة المطلقة عن احتراق 1 kg من الغاز الطبيعي.

36. -2 kJ

37. -1589 kJ

التفكير الناقد

38. طبق قانون هس لإيجاد المحتوى الحراري للتفاعل.

39. يبدو أن الميثان له حرارة احتراق أكبر.

مسألة تحد

40. $-55, 400 \text{ kJ}$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

41. قد يكتب الطلبة أنه يمكن استعمال الهيدروجين وقوداً في سيارات خلايا الوقود. ويمكن تكييف التقنية المستعملة حالياً للتعامل مع غازي الميثان والبروبان لاستعمالهما مع الهيدروجين. معظم الهيدروجين المتوفر حالياً هو ناتج جانبي في صناعة البتروكيماويات. وإذا أردنا استعمال الهيدروجين وقوداً للسيارات والاحتياجات الأخرى للطاقة على نطاق واسع فمن المحتمل إنتاجه بالتحليل الكهربائي للماء، وباستعمال مصادر الطاقة المتجددة كطاقة الرياح والطاقة الشمسية. الناتج الوحيد لاحتراق الهيدروجين هو الماء، لذا فإنه يعد من مصادر الطاقة غير الملوثة للبيئة.

أسئلة المستندات

42. زيت الكانولا: 41.45 kJ/g

43. $21, 800 \text{ kJ}$

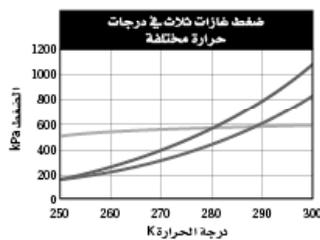
44. $94.4 \text{ }^\circ\text{C}$

الاختبار المقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

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

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 4.



4. ما الضغط المتوقع للغاز B عند 310 K؟

- a. 500 kPa
- b. 600 kPa
- c. 700 kPa
- d. 900 kPa

استعمل الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 5 و 6.

كثافة وكهرسالية بعض العناصر		
العنصر	الكثافة g/ml	الكهرسالية
الألمنيوم	2.698	1.6
الفلور	1.696×10^{-3}	4.0
الكبريت	2.070	2.6
النحاس	8.960	1.9
المغنيسيوم	1.738	1.3
الكربون	3.513	2.6

5. عينة من فلز كتلتها 9.250 g وحجمها 5.250 ml. ما هذا الفلز؟

- a. ألومنيوم
- b. ماغنيسيوم
- c. كربون
- d. نحاس
- e. كبريت

6. أي زوج لديه الاحتمال الأكبر لتكوين رابطة أيونية؟

- a. كربون وكبريت
- b. ألومنيوم وماغنيسيوم
- c. نحاس وكبريت
- d. ماغنيسيوم وفلور
- e. ألومنيوم وكربون

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. في التفاعل $2Al + 3FeO \rightarrow Al_2O_3 + 3Fe$ ما النسبة المولية بين أكسيد الحديد III وأكسيد الألمنيوم
 - a. 2:3
 - b. 3:2
 - c. 1:1
 - d. 3:1

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 2.

كهرسالية بعض العناصر						
H	Li	Be	B	C	N	O
2.20	0.98	1.57	2.04	2.55	3.04	3.44
F	Na	Mg	Al	Si	P	S
3.98	0.93	1.31	1.61	1.90	2.19	2.58
Cl						
3.16						

2. ما الرابطة الأكبر كهرسالية؟

- a. H-H
- b. H-N
- c. H-C
- d. H-O

3. عدد تأكسد العنصر Q يساوي +2، وعدد تأكسد العنصر M يساوي -3. ما الصيغة الصحيحة للمركب الناتج عن Q و M؟

- a. Q_2M_3
- b. M_2Q_3
- c. Q_3M_2
- d. M_3Q_2

الفصل 4

سرعة التفاعلات الكيميائية



الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

4-1 نموذج لسرعة التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

4-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعلات الكيميائية، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

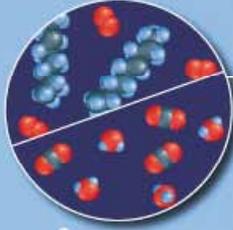
4-3 قوانين سرعة التفاعل

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية -يمكن تحديدها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 4 / سرعة التفاعلات الكيميائية (6 حصص)

البند	4-1	4-2	4-3	التقويم
عدد الحصص	2	1	2	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المخبرية
<p>4-1 نموذج لسرعة التفاعلات الكيميائية</p> <p>1. يحسب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي من بيانات التجربة.</p> <p>2. يربط بين سرعة التفاعل الكيميائي ونظرية التصادم بين جسيمات المواد المتفاعلة.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>تقويم بنائي ص 100، 101، 103، 105</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 103</p> <p>تقويم البند ص 106</p>	<p>نشاط استهلاكي ص 99:</p> <p>خميرة الخبز، فوق أكسيد الهيدروجين، كأس مدرّجة أو دورق، أعواد أسنان.</p> <p>الزمن المقدر: 15 دقيقة</p> <p>عرض عملي ص 104: أعواد ثقاب.</p>
<p>4-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية</p> <p>1. يحدّد العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.</p> <p>2. يفسر دور العوامل الحفازة</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>تقويم بنائي ص 108، 109، 111</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 108</p> <p>تقويم البند ص 111</p>	<p>عرض عملي، ص 108:</p> <p>خل، أطباق بتري، شريط ماغنيسيوم، حبيبات ماغنيسيوم.</p> <p>عرض توضيحي، ص 108:</p> <p>مسحوق ليكوبوديوم، قطع سيراميك، لهب بنزن، قداحة، مكعبات سكر، حبيبات سكر.</p> <p>المختبر الصغير، ص 110:</p> <p>أقراص فوّارة، دورق سعة 250 ml ، سخان كهربائي، مقياس حرارة غير زئبقي، ثرمومتر، أقراص اسبرين، حمض الستريك، كربونات الصوديوم الهيدروجينية، ماء، ساعة توقيت، ميزان.</p> <p>الزمن المقدر: 15 دقيقة</p>
<p>4-3 قوانين سرعة التفاعل</p> <p>1. يكتب العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز.</p> <p>2. يحدّد رتبة التفاعل بمقارنة طريقة السرعات الابتدائية.</p>	<p>متابعة التقدم</p> <p>التقويم البنائي ص 112، 114، 115</p> <p>ماذا قرأت؟ ص 113، 114</p> <p>تقويم البند ص 117</p> <p>تقويم ختامي</p> <p>مراجعة الفصل ص 119</p>	<p>عرض عملي، ص 113: ثاني أكسيد المنجنيز، دورق مدرج 400 ml، فوق أكسيد الهيدروجين، زجاجة ساعة، لوح زجاجي، نظارات واقية، معطف، ملقط، أعواد ثقاب.</p> <p>مختبر الكيمياء، ص 117:</p> <p>ماصّة مدرّجة سعة 10 ml، مائه الماصّة، حمض هيدروكلوريك ذو تركيز 6.0 M، ماء مقطر، أنابيب اختبار قطرها 25 mm، وطولها 150 mm مرقّمة من 1 إلى 4، حامل أنابيب اختبار، شريط من الماغنيسيوم، قطعة قماش، ورق صنفرة، مقصات، مسطرة بلاستيكية، ملاقط، ساعة توقيت، ساق تحريك زجاجي.</p> <p>الزمن المقدر: 30 دقيقة</p>



متفاعلات ونواتج الاحتراق



مكبس واسطوانة



محرك

الفكرة العامة لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

4-1 نموذج لسرعة التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

4-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعلات الكيميائية، منها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

4-3 قوانين سرعة التفاعل

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية -يمكن تعديلها بالتجربة- تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

حقائق كيميائية

- ما زالت معظم السيارات حتى اليوم تستعمل نظام الاحتراق الداخلي الذي اخترعه العالم الفونسي بيير دي روشاز عام 1862م.
- تتحد مكونات الجازولين مع الأكسجين في عملية الاحتراق التام داخل أسطوانة محرك السيارة لتنتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وطاقة كافية لتحريك السيارة.

الفصل 4

الفكرة العامة

التفاعلات السريعة والبطيئة اطلب إلى الطلبة التفكير في التفاعلات الكيميائية التي تحدث على سرعات مختلفة تمهيداً للفكرة العامة للدرس، ونظم هذه التفاعلات في ثلاث مجموعات على النحو الآتي، واكتبها على السبورة: سريعة جداً، متوسطة السرعة، وبطيئة جداً. ثم اختر تفاعلاً متوسط السرعة، أو بطيئاً جداً، واسأل الطلبة: كيف يمكن زيادة سرعة هذا التفاعل؟ فمثلاً: **يمكن زيادة سرعة احتراق الخشب بتقطيعه قطعاً صغيرة، على صورة نشارة، أو وضع هذه القطع على حامل شبكي لزيادة سرعة تعرضها للأكسجين.**

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل: التفاعلات الكيميائية ومعادلاتها.

قوانين الغازات

المولارية

استعمال الصورة

مقارنه سرعات التفاعل اطلب إلى الطلبة وصف التفاعلات التي تحدث داخل محرك السيارة. **تؤدي الشرارة الكهربائية إلى اتحاد بخار البنزين بالأكسجين مما ينجم عنه تفاعل احتراق.** ثم اطلب إليهم المقارنة بين سرعة هذا التفاعل وسرعة تكون الصدأ على مسمار من الحديد إذا ترك في أحوال جوية سيئة. تكون سرعة احتراق البنزين أسرع من تفاعل مسمار الحديد مع الأكسجين.

نشاط استهلالي

الهدف سيلاحظ الطلبة كيف تؤدي الإنزيمات إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي.

احتياطات السلامة اطلب الى الطلبة الاطلاع على نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل في التجربة. تحذير: فوق أكسيد الهيدروجين مادة حارقة.

التخلص من النفايات يمكن التخلص من مزيج فوق أكسيد الهيدروجين / والخميرة بسكبه في المغسلة متبوعاً بكميات كبيرة من الماء.

استراتيجيات التدريس

- صف عملية الأيض في الخميرة، وفسّر كيف تؤدي الخميرة إلى انتفاخ الخبز.
- الاستمرار في تطوير مفهوم الإنزيمات وكيف تعمل عمل عوامل محفزة في الوظائف الحيوية، ومناقشة العوامل المحفزة في الحياة اليومية.

النتائج المتوقعة فوق أكسيد الهيدروجين شفاف وعديم اللون، لذا فعند إضافة الخميرة إليه تتشكل الفقاعات، ويبدأ المزيج بتشكيل الرغوة بعد وقت قصير.

نشاط استهلالي

كيف يمكن زيادة سرعة التفاعل؟

تحدث بعض التفاعلات الكيميائية بشكل بطيء جداً بحيث يصعب ملاحظتها. وستقوم في هذا النشاط بتقصي طريقة واحدة لتسريع تفاعل بطيء.



خطوات العمل

1. أقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدولاً لتسجيل المشاهدات والملاحظات قبل وبعد النشاط.
3. اسكب 10 ml تقريباً من فوق أكسيد الهيدروجين في دورق زجاجي. ثم سجل ملاحظاتك الأولية في جدول الملاحظات والمشاهدات.
4. 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.

تحليل النتائج

1. حدد المواد الناتجة عن تحليل 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

سرعة التفاعل اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.

خطوة 1 ضع ثلاث أوراق بعضها فوق بعض، بحيث تبعد حافة كل منها عن الأخرى 2 cm تقريباً من أعلى بشكل عمودي. حافظ على بقاء الحواف عن اليمين واليسار متطابقة.

خطوة 2 اطو الحواف السفلية للورق إلى أعلى لتكوين ستة أجزاء متساوية، ثم اضغط على الحواف لثبيتها في أماكنها.

خطوة 3 ثبت الطيات، كما في الشكل، واكتب عنواناً لكل جزء على النحو الآتي: وجود عامل محفز، مساحة السطح، التركيز، طبيعة المواد المتفاعلة، العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل.

ومساحة السطح، والتركيز، وطبيعة المواد المتفاعلة، والعوامل المؤثر في سرعة التفاعل.

المطويات استعمل هذه المطوية في البنود 2-4، من هذا الفصل. قم بتعريف كل عامل في أثناء قراءتك للفصل، واكتب ملخصاً حول تأثيره في سرعة التفاعل، ثم أعط أمثلة عليها.

تحليل النتائج

1. الأوكسجين والماء.
2. تحتوي الخميرة إنزيمياً يعمل عمل العوامل المحفزة لتحليل فوق أكسيد الهيدروجين.

استقصاء

ستتنوع الإجابات: قد يفترض الطلبة أن إضافة المزيد من الخميرة يزيد من سرعة التفاعل، كما أن عدم تحريك المخلوط قد يقلل من سرعة التفاعل، أو قد يؤدي تغيير درجة حرارة المواد المتفاعلة إلى تغيير في سرعة التفاعل.

4-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

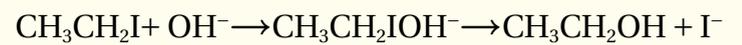
الفكرة الرئيسية

التصادمات وسرعة التفاعل اعرض على الطلبة صور مكوك الفضاء في أثناء انطلاقه، واسأل: لماذا يتخذ مهندسو وكالة ناسا تفاعلات المواد السائلة بدلاً من تفاعلات الغازات (الهيدروجين والأكسجين) مصدرًا للطاقة في الصواريخ الحاملة للمكوك؟ يكون العنصران أكثر كثافة في الحالة السائلة من الحالة الغازية. لذا يكون عدد التصادمات بين جزيئات الغازين في وحدة الزمن كبير جدًا؛ مما يؤدي إلى زيادة سرعة انطلاق الطاقة التي يتطلبها وضع المكوك في مداره حول الأرض.

2. التدريس

التقويم

المعرفة اكتب المعادلة الآتية على السبورة:



واطلب إلى الطلبة تحديد المعقد المنشط، والمواد الناتجة، والمواد المتفاعلة.

المعقد المنشط هو: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{IOH}^-$

المواد الناتجة هي: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{I}^-$

المواد المتفاعلة هي: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{I} + \text{OH}^-$

4-1

الأهداف

• حساب معدل متوسط سرعة التفاعل الكيميائي من بيانات التجربة.

• تربط بين سرعة التفاعل الكيميائي ونظرية التصادم بين جسيمات المواد المتفاعلة.

مراجعة المفردات

الطاقة، القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة. وتكون الطاقة على شكلين: طاقة وضع وطاقة حركية.

المفردات الجديدة

سرعة التفاعل الكيميائي
نظرية التصادم
المعقد المنشط
طاقة التنشيط

نموذج لسرعة التفاعلات الكيميائية A Model for Reaction Rates

الفكرة الرئيسية نظرية التصادم هي المفاتيح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات. **الربط مع الحياة** أيتها ألسر: الذهاب إلى المدرسة سيرًا على الأقدام، أم ركوب الحافلة أو 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 النشاط الاستهلاكي أن تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين يمكن أن يكون تفاعلًا سريعًا أو بطيئًا. فالمصطلحات، سريع أو بطيء هي مصطلحات غير دقيقة؛ إذ يجب أن يكون تعبيرنا أكثر دقة وتحديدًا.

فكّر في كيفية التعبير عن سرعة أو متوسط سرعة الأشياء المتحركة. يبين عداد السرعة في الشكل 4-1 أن سيارة السباق تتحرك بسرعة مقدارها 320 Km/h، بينما يمكن التعبير عن سرعة العداء 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 Δ قبل الكمية (quantity) لتشير إلى التغير في هذه الكمية كما في المعادلة الآتية:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة والناتجة}}{\text{التغير في الزمن } \Delta t}$$

الشكل 4-1 يبين عداد السرعة في سيارة السباق السرعة بوحدة Km/h أو ميل لكل ساعة (MPH). وكلاهما يعني التغير في المسافة في وحدة الزمن وقد تقاس سرعة العداء بوحدة m/s.



■ اجابة سؤال الشكل 2-4 سرعة تكون المادة الخضراء:

$$0 - 10 \text{ s: } R = \frac{10 \text{ particles} - 0 \text{ particles}}{10\text{s}} \\ = 1 \text{ particle/s}$$

$$10-20 \text{ s: } R = \frac{15 \text{ particles} - 10 \text{ particles}}{10\text{s}} \\ = 0.5 \text{ particles/s}$$

$$20-30 \text{ s: } R = \frac{18 \text{ particles} - 15 \text{ particles}}{10\text{s}} \\ = 0.3 \text{ particles/s}$$

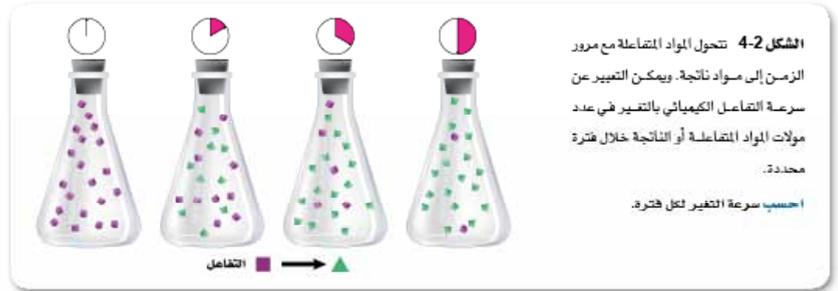
التقويم

المعرفة عند الزمن 0.00 S للتفاعل $A + 2B \rightarrow 3C$ ، كان $[A] = 2.00 \text{ mol/l}$ ، و $[B] = 4.00 \text{ mol/l}$ ، وعند الزمن 3 min(180s) ، أصبح $[C] = 0.00 \text{ mol/l}$. اطلب إلى الطلبة حساب سرعة تفاعل المادة A خلال فترة 3 دقائق والتعبير عن مقدار المستهلك منها بوحدة mol/l.min ، وكذلك للمادتين C ، B .

$$\text{السرعة للمادة A} = 0.50 \text{ mol/l.min}$$

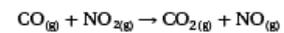
$$\text{وللمادة B} = 1.00 \text{ mol/l.min}$$

$$\text{وللمادة C} = 1.5 \text{ mol/l.min} \text{ ض م}$$



الشكل 2-4 تحول المواد المتفاعلة مع مرور الزمن إلى مواد ناتجة. ويمكن التعبير عن سرعة التفاعل الكيميائي بالتعبير في عدد مولات المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال فترة محددة. احسب سرعة التغير لكل فترة.

يبين الشكل 2-4 عملية تحول المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المواد المتفاعلة تقل بينما تزداد المواد الناتجة. فإذا علمت متوسط التغير في 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** ليبر 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 تجريبي عن طريق حساب تركيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة عن التفاعل الكيميائي، بينما لا يمكن حساب سرعة التفاعل من المعادلات الموزونة. لنفرض أنك ترغب في التعبير عن متوسط سرعة التفاعل الآتي خلال فترة زمنية بدأت عند t_1 وانتهت عند t_2 .



من خلال التفاعل السابق تكون قيمة سرعة تكون المواد الناتجة موجبة. ويمكن التعبير عن حساب سرعة تكون NO كما يلي:

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{[NO]_{t_2} - [NO]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

ولنفترض على سبيل المثال أن تركيز NO هو 0.000M عندما كان $t_1 = 0.00 \text{ s}$ وأصبح تركيزه 0.010M بعد ثلثين من بداية التفاعل، فما متوسط سرعة التفاعل بوحدة عدد مولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية؟

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{0.010M - 0.000M}{2.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

لاحظ كيفية اشتقاق الوحدة:

$$\frac{0.010 \text{ M}}{2.00 \text{ s}} = 0.0050 \text{ mol/l.s}$$

دفتر الكيمياء

التفاعلات السريعة والبطيئة اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بخمسة تفاعلات سريعة، وأخرى بطيئة تحدث في الحياة اليومية. ثم اطلب إليهم إعداد قائمة بالنواتج، والمواد المتفاعلة لأحد هذه التفاعلات وجمع معلومات حوله، تمكنهم من حساب سرعة هذا التفاعل والتعبير عنه. **ض م**

مثال في الصف

السؤال يتحلل N_2O_5 عند درجة حرارة معينة لينتج NO_2 و O_2 . احسب متوسط سرعة التفاعل إذا نقص $[N_2O_5]$ من 0.10 mol/l عند الزمن $= 0.0 \text{ s}$ إلى 0.05 mol/l عند الزمن $= 80.0 \text{ s}$

الإجابة

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{(0.0500 \text{ mol/l} - 0.1000 \text{ mol/l})}{(80.0 \text{ s} - 0.0 \text{ s})} = 6.25 \times 10^{-4} \text{ mol/l}\cdot\text{s}$$

كما يمكنك تحديد سرعة التفاعل بمعرفة متوسط استهلاك غاز CO، كما في العلاقة الآتية:

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{\Delta[\text{CO}]}{\Delta t} = \frac{[\text{CO}]_{t_2} - [\text{CO}]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

هل نتوقع 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 دائماً موجبة. لذلك يضع العلماء إشارة سالبة عندما يقومون بحساب سرعة التفاعل للمواد المتفاعلة، ليصبح متوسط السرعة موجبة. وبذلك تكون معادلة حساب سرعة التفاعل للمواد المتفاعلة هي:

$$\text{معادلة متوسط سرعة التفاعل} \\ \text{متوسط سرعة التفاعل} = - \frac{\Delta[\text{المواد المتفاعلة}]}{\Delta t} \\ [\text{مواد متفاعلة } \Delta \text{ reactants}] \text{ تمثل التعبير في تركيز المواد المتفاعلة.} \\ \Delta t \text{ تمثل التغير في الزمن}$$

مثال 4-1

حساب متوسط سرعة التفاعل إذا علمت أن تركيز كلوريد البيوتان C_4H_9Cl في بداية تفاعله مع الماء كان يساوي 0.22 M ثم أصبح تركيزه يساوي 0.100 M بعد مرور 4.00 s . احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة $\text{mol/l}\cdot\text{s}$.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيز والزمن الأولين والنهائين لـ C_4H_9Cl ، لذا يمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي باستعمال التغير في تركيز كلوريد البيوتان خلال أربع ثوانٍ.

المعطيات

$$t_1 = 0.00 \text{ s}$$

$$t_2 = 4.00 \text{ s}$$

$$[C_4H_9Cl]_1 = 0.220 \text{ mol/l}$$

$$[C_4H_9Cl]_2 = 0.100 \text{ mol/l}$$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة متوسط سرعة التفاعل

عوض عن الزمن والتركيز الابتدائي والنهائيين

احسب الناتج بوحدة $\text{mol/l}\cdot\text{s}$

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{[C_4H_9Cl]_{t_2} - [C_4H_9Cl]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{0.100 \text{ M} - 0.220 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= \frac{0.100 \text{ mol/l} - 0.220 \text{ mol/l}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= \frac{-0.120 \text{ mol/l}}{4.00 \text{ s}} = 0.0300 \text{ mol/l}\cdot\text{s} \quad \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

3 تقويم الإجابة

متوسط سرعة التفاعل يساوي $0.0300 \text{ mol/l}\cdot\text{s}$ ، معتمداً على الكمية الموجودة في بداية التفاعل ونهايته.

دفتر الكيمياء

عدد الكيلومترات لكل لتر، ولكل دينار اطلب إلى الطلبة تسجيل المسافات التي يقطعونها بسياراتهم؛ لمساعدتهم على اكتساب الخبرة في التعبير عن تغيير كمية معينة بالنسبة لكمية أخرى، وكذلك كمية الوقود المستهلك بالجالون الواحد من البنزين، وتكلفة الجالون مدة أسبوع، ثم اطلب إليهم تحويل الوحدات من النظام الإنجليزي إلى النظام العالمي SI، وحساب المسافة التي قطعها سياراتهم بالكيلومتر لكل لتر من البنزين المستهلك، ثم حساب التكلفة لقطع مسافة كيلومتر واحد بالدينار، وإذا كان لأسر الطلبة أكثر من سيارة؛ فاطلب إليهم تسجيل المعلومات السابقة لكل سيارة، والقيام بالعمليات الحسابية نفسها. **ضم م**

مسائل تدريبية

1. 0.0025 mol/l.s

2. 0.0025 mol/l.s

3. 0.020 mol/l.s

✓ **ماذا قرأت؟** يجب أن تقترب الجسيمات بعضها من بعض؛ حتى تستطيع التفاعل، وتكوين روابط جديدة في المواد الناتجة، في حين تتكسر الروابط القديمة في المواد المتفاعلة.

مسائل تدريبية

استعمل البيانات الموجودة في الجدول أدناه لحساب متوسط سرعة التفاعل:

بيانات التجربة للتفاعل $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$			
[HCl]	[Cl ₂]	[H ₂]	الزمن s
0.000	0.050	0.030	0.00
	0.040	0.020	4.00

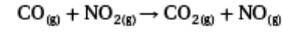
- احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنها بعدد مولات H_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
- احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات Cl_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.
- تحسب إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl المتكون هي 0.005 mol/l.s ، فما تركيز HCl الذي يتكون بعد مرور 4.00 s ؟

نظرية التصادم Collision Theory

في التفاعل الكيميائي؛ يجب أن تصادم جزيئات المواد المتفاعلة لتكوين النواتج. يمثل الشكل 3-4 أيضاً التفاعل بين جزيئات A_2 و B_2 لتكوين مركب AB. ويجب أن تصادم جزيئات المواد المتفاعلة بعضها ببعض لتكوين جزيئات AB. لذا يوضح هذا الشكل **نظرية التصادم** التي تنص على احتمالية اصطدام الذرات والأيونات والجزيئات بعضها ببعض لكي يتم التفاعل.

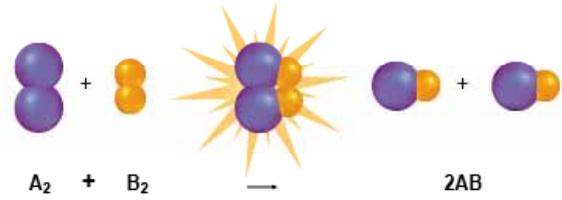
✓ **ماذا قرأت؟ توقع** لماذا يجب حدوث اصطدامات بين الجسيمات لحدوث التفاعل.

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:



تصادم جزيئات المواد المتفاعلة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز أول أكسيد النيتروجين. وعند حساب عدد الاصطدامات بين الجزيئات في كل ثانية تكون النتيجة محيرة؛ إذ يكون عدد قليل فقط من الاصطدامات نواتج.

الشكل 3-4 في التصادمات الكيميائية؛ يجب أن تصادم الجسيمات بكمية كافية من الطاقة لكي يحدث تفاعل.



التنوع الثقافي

انتفاعلات فائقة السرعة أحمد زويل عالم مصري المولد، يعمل أستاذاً للكيمياء، والفيزياء في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، حصل على جائزة نوبل عام 1999م في الكيمياء عن عمله في تطوير تقنية استعمال الليزر الذي مكن العلماء من قياس السرعات العالية جداً للنتفاعلات، ومشاهدة حركة الذرات، وقد استخدم زويل نبضات الليزر ذات السرعة العالية جداً؛ لرصد التغيرات في بنية الجزيئات خلال فترة زمنية أقل من 10 فيمتو ثانية (femtoseconds). وقد استطاع العلماء بهذه التقنية ملاحظة ظواهر مثل تكسير الروابط، وتكوّنها، والجسيمات قصيرة الأجل، والحالات الانتقالية بصورة مباشرة. ويمكن تطبيق تقنية زويل على الغازات، والسوائل، والمواد الصلبة، ومجموعة من الذرات والجزيئات، والعوامل المحفزة، والبوليمرات، والأنظمة البيئية مثل البروتينات و DNA.

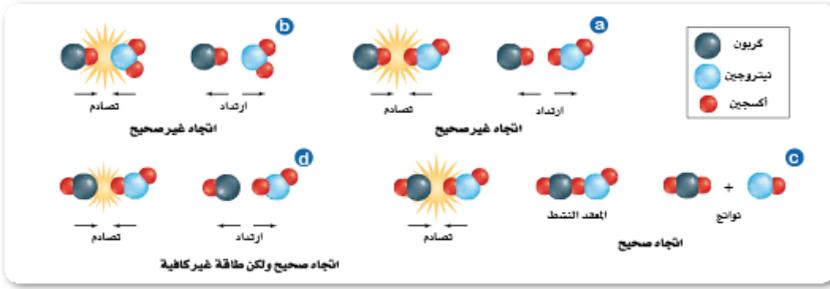
الخلفية النظرية للمحتوى

أنواع العوامل المحفزة تُصنّف المحفّزات إلى نوعين؛ متجانسة، وغير متجانسة، فالمحفّزات المتجانسة هي التي تكون في الحالة الفيزيائية نفسها للمواد المتفاعلة. فغاز أول أكسيد النيتروجين (NO)، على سبيل المثال محفّز متجانس لتكوين الأوزون في طبقة التروبوسفير، وهي طبقة الهواء الأقرب إلى سطح الأرض. أمّا المحفّزات غير المتجانسة فهي التي توجد في حالة مغايرة لحالة المواد المتفاعلة، وهي صلبة في الأغلب. فعلى سبيل المثال، الحبيبات الصلبة الموجودة في محفّز السيارات تؤدي إلى تحويل الهيدروكربونات غير المحترقة إلى ماء وثنائي أكسيد الكربون.

عرض عملي

طاقة التنشيط اعرض على الطلبة عودًا من أعواد الثقاب التي يمكن إشعالها عن طريق ضربها بأيّ سطح، ثم اطلب إليهم أن يفسروا، لماذا لم يشتعل عود الثقاب على الرغم من توافر عناصر وشروط الاحتراق، بالإضافة إلى توافر الأكسجين في الهواء؟ **يجب توفير طاقة التنشيط في صورة احتكاك بين عود الثقاب، و سطح خشن كي يبدأ التفاعل.**

ضم



الشكل 4-4 بين الشكل أربعة احتمالات مختلفة لاتجاهات التصادم بين جزيئات CO و NO₂. لا تؤدي الاصطدامات في كل من الحالتين a و b إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات لا تستطع تكوين روابط. أما تصادم الجزيئات في الحالة c فهو في اتجاه مناسب لحدوث التفاعل. وعلى الرغم من أن تصادم الجزيئات في d هي الاتجاه المناسب، إلا أن طاقتها غير كافية لحدوث تفاعل.

يوضّح الشكلان 4-4a، 4-4b، 4-4b الإجابة المحتملة عن هذا السؤال، فلكي يؤدي الاصطدام إلى حدوث تفاعل، يجب أن ترتبط ذرة الكربون من جزيء CO بذرة أكسجين من جزيء NO₂ في لحظة الاصطدام، وهذه هي الطريقة الوحيدة لتكوين رابطة مؤقتة. أما الاصطدامات الموضحة في الشكلين 4-4a، 4-4b فلا تؤدي إلى حدوث تفاعل؛ لأن الجزيئات تصادم 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 4-4c، يحدث التفاعل، وتنتقل ذرة أكسجين من جزيء NO₂ إلى جزيء CO. وعندما يحدث ذلك تتكون جسيمات عمرها قصير تدعى **المعقد المنشط Activated Complex**، ويدعى في بعض الأحيان الحالة الانتقالية، وهو حالة غير مستقرة من تجمع الذرات، يحدث خلاله تكسير الروابط القديمة 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 4-4d إلى تفاعل لعدم توافر طاقة كافية لحدوث التفاعل، كما هو الحال مع اللعبة المحشوة بالخلوى؛ إذ لا يمكن فتحها ما لم تضرب بقوة كافية لتتكسر، لذلك لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO₂ ما لم تصادم بقوة كافية. ويسمى الحد الأدنى من الطاقة لدى الجزيئات المتفاعلة واللازم لتكوين المعقد المنشط وإحداث التفاعل **طاقة التنشيط E_a**. يلخص الجدول 4-1 الظروف الواجب توافرها لحدوث التفاعل. فعندما تكون قيمة E_a عالية فهذا يعني أن عددًا قليلًا من الاصطدامات تمتلك طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط، ومن ثم تكون سرعة التفاعل بطيئة. أما إذا كانت قيمة E_a منخفضة فهذا يعني أن هناك عددًا كبيرًا من الاصطدامات التي لها طاقة كافية لحدوث التفاعل، لذا يكون التفاعل أسرع. فكّر في هذه

الجدول 4-1 ملخص نظرية التصادم

1. يجب أن تصادم (ذرات أو أيونات أو جزيئات) المواد المتفاعلة.
2. يجب أن تصادم المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح.
3. يجب أن تصادم المواد المتفاعلة بطاقة كافية لتكوين المعقد المنشط.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلبة تمثيل التفاعل بين CO و NO₂؛ باستعمال نموذج الجزيئات المكوّن من الكرات والعصي، واطلب إليهم استعمال النموذج لعرض أفضل توجّه مناسب، وغير مناسب للتصادمات كما في الشكل 4-4، واطلب إليهم أيضًا أن يفسروا لماذا لا تؤدي بعض التصادمات إلى تفاعلات، في حين يؤدي بعضها الآخر إلى تفاعلات؟

دم

المهارة اطلب إلى الطلبة كتابة فرضية تبيّن توقعاتهم لتأثير إضافة كمية أخرى من الطاقة في حركة الجسيمات في النظام، واطلب إليهم أيضاً إعداد رسوم وإيضاحات؛ تصف نشاط هذه الجسيمات.

■ إجابة سؤال الشكل 4-5

بما أن مستوى طاقة المواد المتفاعلة أعلى من طاقة المواد الناتجة؛ لذا تُفقد الطاقة في صورة حرارة.

■ إجابة سؤال الشكل 4-6

طاقة تنشيط التفاعل العكسي، أكبر من طاقة تنشيط التفاعل الطردّي.

التعلم البصري

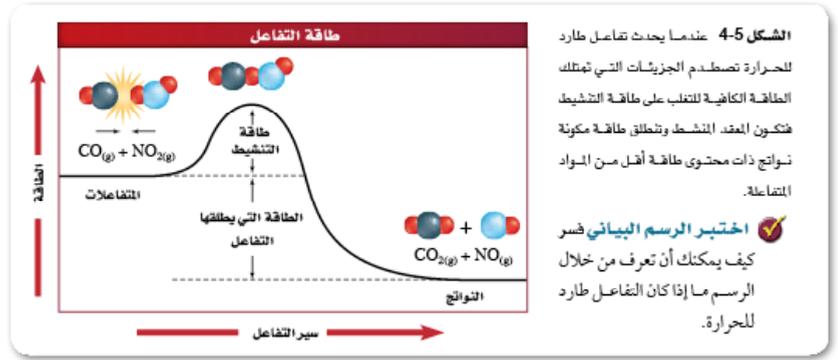
اتجاه التفاعل الفت انتباه الطلبة إلى أن مخطط الطاقة في الشكل 4-5، يمثّل التفاعل العكسي الذي وصف في الشكل 4-6، والمكتوب في الاتجاه الطردّي. ويشير حاجز طاقة المرتفع في الشكل 4-6، إلى أن طاقة تنشيط التفاعل العكسي أكبر من طاقة تنشيط التفاعل الطردّي. لذا وضح لهم أن التفاعل يفضل الاتجاه الطردّي على الاتجاه العكسي، وذكرهم أيضاً بأن التفاعل الطردّي هو تفاعل منتج للطاقة كما درسوه في الفصل السابق، لذا فهو يفضل الميل نحو التفاعل الطردّي. **ضم م**

- اصطدمت زعانف ذيل السهم بالهدف بدلاً من رأسه. ربما اصطدمت الجزيئات بتوجه غير مناسب.
- كانت سرعة السهم بطيئة بما جعله يرتد عن الهدف دون إصابته. ربما اصطدمت الجزيئات بكمية غير كافية من الطاقة لتكوين المعقد المنشط.

التوسّع

اطلب إلى مجموعة من الطلبة تصميم نموذج يوضح طاقة التنشيط، باستعمال السيارات الصغيرة، ونموذج المسار المرن.

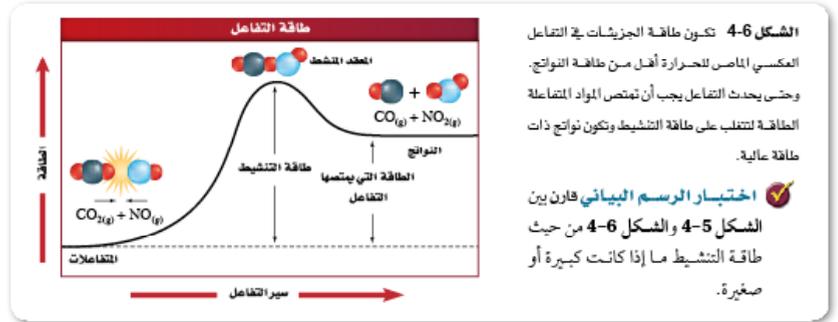
ضم م



العلاقة من خلال شخص يقوم بدفع عربة ثقيلة إلى قمة تل. فإذا كان التل مرتفعاً فسوف يحتاج الشخص إلى طاقة كبيرة لدفع العربة نحو القمة، كما أنه سيستغرق وقتاً طويلاً للوصول إلى قمة التل. أما إذا كان التل منخفضاً فسوف يحتاج إلى كمية أقل من الطاقة اللازمة لدفع العربة إلى قمة التل، إضافة إلى قدرته على إنجاز المهمة في وقت أسرع.

يبين الشكل 4-5 مخطط الطاقة لتفاعل أول أكسيد الكربون مع ثاني أكسيد النيتروجين. هل يختلف مخطط الطاقة هذا عما تعلمته سابقاً في فصل الطاقة والتغيرات الكيميائية؟ ولماذا؟ بين هذا المخطط طاقة التنشيط للتفاعل الذي يعتبر حاجزاً أمام حدوث التفاعل. لذلك يجب أن تغلب المواد المتفاعلة عليه للحصول على مواد ناتجة. وفي هذه الحالة تصادم جزيئات CO و NO₂، مع وجود كمية كافية من الطاقة؛ لتغلب على هذا الحاجز، وتكون طاقة النواتج أقل من طاقة المواد المتفاعلة. وتسمى التفاعلات التي تفقد طاقة التفاعلات الطاردة للحرارة.

تعتبر عملية التحول بين المواد المتفاعلة والناتجة لبعض التفاعلات عمليات انعكاسية. ويبين الشكل 4-6 التفاعل العكسي الماص للطاقة بين CO₂ و NO لإعادة إنتاج CO و NO₂. ويكون مستوى طاقة المتفاعلات في هذا التفاعل أدنى من مستوى طاقة النواتج. لذلك يجب التغلب على طاقة التنشيط لإعادة إنتاج CO و NO₂. وهذا يحتاج إلى طاقة عالية أكبر من طاقة التفاعل الطردّي. وإذا حدث هذا التفاعل العكسي وأنتج CO و NO₂ سيكون مستوى طاقتها أعلى.



3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة تحديد أيّ من شروط نظرية التصادم يرتبط بطاقة التنشيط، وكيفيّة تفسير هذا الشرط لعدم تفاعل جزيئات H₂ و O₂ بعضها مع بعض. ترتبط طاقة التنشيط بشرط حدوث التصادم بين الجزيئات، وبكمية كافية من الطاقة؛ لتكوين المعقد المنشط. **ضم م دم**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة ربط الأسباب الثلاثة التي تعيق الأسهم المقذوفة على لوحة دوائر الأهداف من تحقيق علامة 10، بالمقارنة مع الأسباب الثلاثة التي تمنع جزيئات الأكسجين والهيدروجين من التفاعل.

- لا يقع السهم على منطقة الرقم 10، أي أنه أخطأ منطقة الهدف 10. لم تصادم الجزيئات.

مختبر حل المشكلات

الهدف

أن يستنتج الطلبة طريقة توضّح كيف ترتبط نظرية الحركة الجزيئية بنظرية التصادم والتفاعلات الكيميائية.

المهارات العلمية

التحليل، الاستنتاج، تصميم التجربة، تفسير التوضيحات العلمية.

استراتيجيات التدريس

- ذكّر الطلبة بنظرية الحركة الجزيئية، وتعريف نظرية التصادم.
- استخدم هذه التجربة في تعريف مفهوم العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعلات التي ستعرض في البند اللاحق.

التفكير الناقد

1. يمكن حساب متوسط السرعة باستعمال المعادلة $\Delta[N_2O_5] / \Delta t =$ من 0-20 دقيقة:

$$\text{تكون السرعة} = 4.12 \times 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

من 40-60 دقيقة:

$$\text{تكون السرعة} = 1.18 \times 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

من 80-100 دقيقة:

$$\text{تكون السرعة} = 3.65 \times 10^{-5} \text{ mol/L.min}$$

2. متوسط السرعة $\Delta[NO_2] / \Delta t =$ من 0-20 دقيقة:

$$\text{تكون السرعة} = 8.24 \times 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

ومن 40-60 دقيقة:

$$\text{السرعة} = 2.36 \times 10^{-4} \text{ mol/L.min}$$

ومن 80-100 دقيقة:

$$\text{السرعة} = 7.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L.min}$$

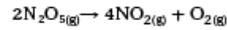
سرعة إنتاج NO_2 تساوي ضعفي سرعة استهلاك N_2O_5 .

مختبر حل المشكلات

تفسير البيانات

[N ₂ O ₅]	الزمن (min)
0.01756	0
0.00933	20.0
0.00531	40.0
0.00295	60.0
0.00167	80.0
0.00094	100.0

كيف تتغير سرعة التحلل خلال الزمن؟ يتحلل مركب خامس أكسيد نيتروجين N_2O_5 في الهواء وفقاً للمعادلة الآتية:



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 °C.

التفكير الناقد

1. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية: (0-20 min)، (40-60 min)، (80-100 min).
عبر عن سرعة التفاعل في كل فترة بإشارة موجبة، وبوحدة mol/l.s.

2. عبّر عن متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية بوحدة mol/l.s في الدقيقة لقياس تركيز NO_2 الناتج. استعمل المعادلة الكيميائية لتفسير العلاقة بين السرعات المحسوبة في هذا السؤال، وتلك المحسوبة في السؤال 1.

3. هسّر البيانات والنتائج التي توصلت إليها، ثم استعملها في وصف كيفية تغير سرعة تحلل N_2O_5 خلال الزمن.

4. طبّق نظرية التصادم لتفسير سبب تغير سرعة التفاعل.

التقويم 4-1

الخلاصة

4. الفكرة الرئيسية: جد العلاقة بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل.
5. هسّر علام تدل سرعة التفاعل لتفاعل كيميائي محدد؟
6. قارن بين تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة خلال فترة التفاعل (على افتراض عدم إضافة أي مادة جديدة).
7. هسّر لماذا يعتمد متوسط سرعة التفاعل على طول الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل؟
8. صف العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل الكيميائي.
9. لخصّ ماذا يحدث خلال فترة تكون المعقد المنشط القصيرة.
10. طبّق نظرية التصادم لتفسير لماذا لا تؤدي الاصطدامات بين جسيمات التفاعل دائماً إلى تفاعل؟
11. احسب متوسط سرعة التفاعل بين جزيئات A و B إذا تغير تركيز A من 1.00 M إلى 0.5M خلال 2.00s.

وذلك لأن 2 mol من NO_2 تنتج عند استهلاك 1 mol من N_2O_5 .

3. تتناقص سرعة تحلل N_2O_5 مع مرور الزمن.

4. تنصّ نظرية التصادم على وجوب تصادم الذرات، أو الجزيئات، أو الأيونات من أجل حدوث التفاعل، واعتماداً على ذلك النموذج، فإنه عندما يتناقص تركيز N_2O_5 خلال فترة التجربة، يقلّ عدد الجزيئات المتوفرة للتصادم خلال وحدة الزمن، لذا تقلّ سرعة التفاعل.

التقويم 4-1

4. تفسر نظرية التصادم كيفية حدوث التفاعلات، وكيفية تعديل سرعة التفاعل.
5. تبين سرعة التفاعل التغير في تراكيز المواد المتفاعلة، أو الناتجة بوحدة mol/L.s
6. تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة، في حين تزايد تراكيز المواد الناتجة بالسرعة نفسها.
7. علاقة التغير في سرعة المواد المتفاعلة، والناتجة ليست علاقة
8. تقلّ سرعة التفاعل كلما ازدادت طاقة التنشيط.
9. تتكسر الروابط في المواد المتفاعلة، في حين تتشكل روابط جديدة لتكوّن النواتج.
10. يجب أن يحدث التصادم في اتجاه مناسب، وامتلاك الطاقة الكافية لتكوين المعقد المنشط.
11. السرعة = 0.25 mol/l.s

4-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

مساحة السطح وسرعة التفاعل قس كتلة بلورة متوسطة الحجم من $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، ثم قس كتلة مساوية من بلورات صغيرة للمركب نفسه، وضع كلتا العينتين في دوارق مدرّجة لها الحجم نفسه مع جهاز مزج مغناطيسي، وأضف كميات متساوية من الماء إلى كلتا العينتين، وضع كلا الدورقين على جهاز التحريك المغناطيسي، وعند السرعة نفسها. اطلب إلى الطلبة ملاحظة سرعة ذوبان عيّنات CuSO_4 والمقارنة بينها، اعتماداً على زيادة كثافة اللون الأزرق في المحلولين، ثم اطلب إليهم تفسير سبب الاختلاف بينهما. **تذوب البلّورات الصغيرة أسرع من الكبيرة؛ لأنّ مساحة سطحها المتصلة بالماء أكبر من مساحة البلّورات الكبيرة.** ووضح لهم أنّ مساحة سطح التفاعل هي أحد العوامل التي تؤثر في زيادة سرعة التفاعل.

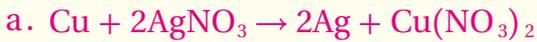
ف م ض م دم

2. التدريس

التعزيز

التوزيع الإلكتروني ذكر الطلبة بارتباط نشاط العنصر بتوزيعه الإلكتروني. فعلى سبيل المثال، تكون العناصر التي تحتوي على إلكترون واحد في مستوى الطاقة الأخير، والعناصر التي ينقصها إلكترون في مستوى الطاقة الأخير، شديدة النشاط والتفاعل. **ض م**

■ **إجابة سؤال الشكل 4-7**



4-2

الأهداف

- تحديد العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل.
- تفسير دور العوامل المحفّزة.

مراجعة المفردات

التركيز، طريقة كمية لقياس كمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول.

المفردات الجديدة

المحفّزات
المبطلات

العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل Factors Affecting Reaction Rates

الفكرة الرئيسية تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعلات الكيميائية، ومنها، طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفّزات.

الربط مع الحياة ترى، كم تكون سرعة انتشار النار في غابة إذا كانت أشجارها متباعداً بعضها عن بعض أو كان الخشب رطباً؟ وبشكل مماثل، تعتمد سرعة التفاعل الكيميائي على عدة عوامل، منها تركيز المواد المتفاعلة، وخواصها الفيزيائية.

طبيعة المواد المتفاعلة

تتفاعل بعض المواد أسرع من غيرها. فمثلاً يشابه فلزاً النحاس والخاصين (الزنك) في خواصها الفيزيائية؛ بسبب قرب موقعها في الجدول الدوري، ومع ذلك فهما يتفاعلان بسرعات مختلفة عند وضع كل منهما في كأس يحتوي على محلول نترات الفضة بالتركيز نفسه. فعند وضع شريط من النحاس في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M كما في الشكل 4-7a يتفاعل النحاس مع نترات الفضة ليكوّن فلز الفضة ومحلول نترات النحاس II. وعند وضع شريط من الخاصين في محلول نترات الفضة تركيزه 0.05 M كما في الشكل 4-7b. يتفاعل الخاصين مع محلول نترات الفضة ليكوّن فلز الفضة ومحلول نترات الخاصين. يمكنك ملاحظة التشابه في التفاعلين، ولكن عند مقارنة كمية الفضة المتكونة في كلتا الحالتين كما هو موضح في الشكل 4-7 إذ يظهر أنّ كمية الفضة المتكونة من تفاعل الخاصين مع نترات الفضة أكبر من الكمية الناتجة عن تفاعل النحاس مع الكمية نفسها من نترات الفضة. كما أنّ تفاعل الخاصين مع نترات الفضة يحدث أسرع، لأن الخاصين أنشط كيميائياً عند تفاعله مع نترات الفضة من النحاس.



الشكل 4-7 الخاصين أنشط من النحاس، لذلك يتفاعل مع نترات الفضة أسرع من تفاعل النحاس.
اكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل تفاعل الخاصين مع نترات الفضة.

مشروع الكيمياء

سير التفاعل اطلب إلى الطلبة إعداد مخطّط بياني للطاقة لكل من أنواع التفاعلات الكيميائية المنتجة للطاقة، والماصّة لها، على أن يظهر المخطط كلاً من سير التفاعل المحفّز، وغير المحفّز. **ض م**

دفتر الكيمياء

سرعة التفاعلات في المطبخ اطلب إلى الطلبة تسجيل الملاحظات، وهم يشاهدون تحضير خمس وجبات طعام على الأقل، أو يساعدون في تحضيرها، على أن تصف الملاحظات طرق الطبخ المتغيرة، وظروف التحكم فيها، وذلك لضبط سرعة التفاعلات خلال عمليّات التخزين. **ض م**

عرض عملي

مساحة السطح اسكب 25 ml من الخل المنزلي في طبقتين من أطباق بتري، وضعهما على جهاز العرض العلوي لعرض صورتيهما، ثم أضف 0.1g من أشرطة الماغنيسيوم في أحد الطبقتين، و 0.1 g من 20 حبيبة من حبيبات الماغنيسيوم إلى الطبقة الأخرى في الوقت ذاته، وبما أن مساحة حبيبات الماغنيسيوم تمثل مساحة سطح أكبر من مساحة أشرطة الماغنيسيوم، لذا فإنها تبدأ التفاعل وتظهر فقاعات، دلالة على حدوث التفاعل بسرعة أكبر، ويمكن التخلص من نواتج هذا التفاعل في المغسلة. **ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى كل طالب التفكير في مادة واحدة على الأقل (صلبة، سائلة، غازية) شديدة النشاط، وأخرى قليلة النشاط.

المواد الصلبة شديدة النشاط مثل (TNT، الديناميت، وملح البارود)، والسوائل مثل (النيتروجليسرين، والبنزين)، والغازات مثل (الهيدروجين، والميثان، والبروبان). والمواد غير النشطة نسبياً: صلبة مثل (التيفلون، والخشب المعالج)، والسوائل مثل (الماء، والنيتروجين السائل)، والغازات مثل (الهيليوم، والنيون، والنيتروجين). **ض م**

ماذا قرأت؟ ستزداد سرعة التفاعل، بسبب زيادة عدد جزيئات A الموجودة للتصادم مع جزيئات B.

عرض توضيحي

مساحة السطح وسرعة التفاعل

الهدف

تبيّن أن زيادة مساحة سطح المواد المتفاعلة، يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي.

المواد والأدوات اللازمة

مسحوق ليكوبوديوم 2g، قطعة سيراميك، لهب بنزن، أو قداحة.

احتياطات السلامة

تحذير: ينتج الرماد المتساقط حلقات مشتعلة؛ لذا يفضل إجراء التجربة في خزنة الغازات.

التركيز Concentration

من الطرائق التي يستطيع الكيميائيون بها تغيير سرعة التفاعل تغيير تركيز المواد المتفاعلة. وكما نذكر فإن نظرية التصادم تنص على أنه يجب أن تصادم الجسيمات حتى يحدث التفاعل، وكلما ازداد عدد الجسيمات ازداد عدد الاصطدامات. وهذا يشبه بلعبة السيارات الكهربائية في مدينة الألعاب الترفيهية. فعندما يكون عدد السيارات كبيراً في اللعبة ازداد عدد الاصطدامات. والشيء نفسه صحيح بالنسبة للتفاعلات الكيميائية؛ فعندما تتفاعل المادة A مع المادة B بتركيز معين تصطدم جزيئات كل من A و B لتكوين AB بسرعة محددة. ولكن ماذا يحدث إذا ازداد تركيز B؟ تصادم جزيئات A مع جزيئات B بعدد اصطدامات أكبر؛ وذلك لزيادة 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 التفاعل الموضح في الشكل 4-8، حيث تحترق الشمعتان في الهواء. ولكن كيف يمكن مقارنة الشمعة في الصورة اليمنى مع الشمعة في الصورة اليسرى التي وضعت داخل زجاجة تحتوي 100% أكسجين تقريباً؟ وهذا يشكل خمسة أضعاف تركيز الأكسجين في الهواء الجوي؟ وبالاعتماد 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 4-9 فستلاحظ أن الدبوس الساخن يتوهج بوجود الأكسجين، كما في الشكل 4-9a، بينما تشتعل كتلة سلك تنظيف الاواني المعدنية بشدة في الشكل 4-9b، حيث تعدل زيادة مساحة سطح التفاعل على زيادة سرعة التفاعل؛ بسبب زيادة عدد الاصطدامات بين الجسيمات المتفاعلة.

درجة الحرارة Temperature

تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي. فأنت تعلم مثلاً أن التفاعلات التي تسبب تلف الأطعمة تكون أسرع كثيراً عند درجة حرارة الغرفة منها عند وضع الأطعمة في المبرد (الثلاجة). يوضح الرسم البياني في الشكل 10-4 أن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10K تؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل تقريباً. فكيف يمكن لزيادة طفيفة في درجة الحرارة أن يكون لها هذا التأثير الكبير؟

أن زيادة درجة حرارة المادة يزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات التي تتكون منها المادة. ولهذا السبب تصادم الجسيمات على نحو أكثر تواتراً عند درجات الحرارة المرتفعة مما هو عليه الحال عند درجات الحرارة المنخفضة. ومع ذلك لا تفسر هذه الحقيقة وحدها

أدخل معلومات من هذا البند في مطويتك.

الشكل 4-8 تشير شدة إضاءة اللهب في الزجاجية التي تحتوي تركيزاً أكبر من الأكسجين إلى زيادة سرعة التفاعل. لذا يفسر الازدياد في تركيز الأكسجين إلى تفاعل.



يبلغ تركيز الأكسجين في الهواء حول الشمعة 20% تقريباً.



تحترق الشمعة بسرعة أكبر؛ لأن الوعاء يحتوي أكسجين بتركيز 100% تقريباً.

المطويات

وجّه الطلبة إلى إضافة معلومات من هذا البند إلى مطوياتهم.

التخلص من النفايات تخلص من النواتج في سلّة القمامة.

خطوات العمل

قلّل من إضاءة الغرفة، واستخدم لهباً أو قداحة، وأشعل 2g تقريباً من مسحوق ليكوبوديوم الموضوع على قطعة من السيراميك في صورة كومة صغيرة، ثم دع الطلبة يلاحظوا عدم وجود تفاعل.

النتائج

لا يشتعل مسحوق الليكوبوديوم (Lycopodium)، حتى يوضع فوق اللهب.

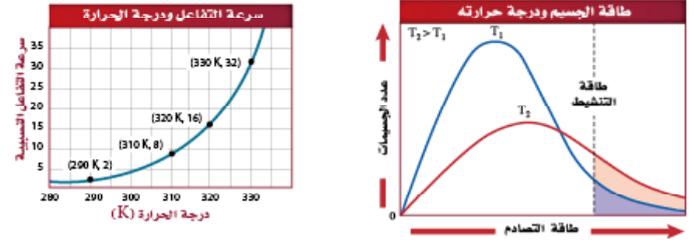
الشكل 4-9 توفر مساحة سطح سلك تطييف الاواني المعدنية الكبيرة عدد أكبر من الاصطدامات بين الأوكسجين والفلز.



الزيادة في سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة. ولفهم أفضل للعلاقة بين تغير سرعة التفاعل مع ارتفاع درجة الحرارة، تفحص الرسم البياني في الشكل 10-4، 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 المنقطع طاقة التنشيط E_a للتفاعل. وتمثل المنطقة المظلمة تحت كل منحني عدد الاصطدامات التي لها طاقة مساوية أو أكبر من طاقة التنشيط. كيف يمكن المقارنة بين المناطق المظلمة؟ عدد الاصطدامات العالية الطاقة عند درجة الحرارة العالية T_2 أكبر كثيراً من عدد الاصطدامات عند درجة الحرارة المنخفضة T_1 . لذلك كلما كانت درجة الحرارة أعلى كان عدد الاصطدامات في التفاعل أكبر.

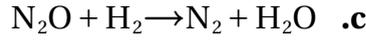
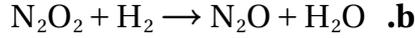
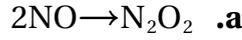
اختبر الرسم البياني حُدّد السرعة النسبية للتفاعل عند درجة حرارة 325 K.

الشكل 4-10 يؤدي الإرتفاع في درجة الحرارة إلى زيادة عدد الاصطدامات وزيادة سرعة التفاعل. كما تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات. إضافة إلى ذلك تمتلك الكثير من الاصطدامات طاقة كافية للتغلب على طاقة التنشيط وبالتالي تؤدي إلى التفاعل.



المفاهيم الشائعة غير الصحيحة 
يخلط الطلبة في الأغلب بين المحفزات والمواد الوسيطة في التفاعلات الكيميائية.

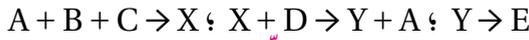
الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة
اطلب إلى الطلبة دراسة التفاعلات الابتدائية الثلاثة التي تشكل آلية التفاعل المعقد: $2NO + 2H_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$
والمعادلات التي تمثل هذه التفاعلات هي:



اسأل الطلبة، هل يُعدّ كلٌّ من N_2O_2 ، و NO_2 محفزات، أم حالات وسيطة. كلاهما حالة وسيطة؛ لأنه يتم إنتاجها في خطوة ابتدائية واحدة، وتستهلكان في خطوة لاحقة.

عرض المفهوم

اطلب إلى الطلبة دراسة آلية التفاعل العام الآتي، وتحديد المحفزات، والمادة الوسيطة:



X و Y مادتان وسيتان، و A مادة محفزة.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة التفاعل الكلي للتفاعل السابق.



اطلب إلى الطلبة أن يفسروا، لماذا يُعدّ A عاملاً محفزاً، في حين يُعدّ كلٌّ من B و C مادة متفاعلة. يُعدّ A محفزاً؛ لأنه يتفاعل في الخطوة 1 من آلية التفاعل، ويعود إلى الظهور في الخطوة 2، لكن B و C مواد متفاعلة لأنها ترتب في صورة جزيئات مختلفة في الخطوة الابتدائية، ولا تظهر في الخطوات اللاحقة. **ضم م**

مختبر الكيمياء يمكن استعمال مختبر الكيمياء الموجود في نهاية هذا الفصل عند هذه المرحلة.

احمل السيراميك التي فوقها المسحوق على بعد 40 cm فوق اللهب تقريباً، ثم دوّرها، واطلب إلى الطلبة مناقشة تأثير زيادة مساحة السطح في سرعة التفاعل.

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة التقاط صور، أو مقاطع فيديو للعرض، ثم كتابة مقالة تصف العرض على المستوى الجزئي. **ضم م**

تحليل النتائج

- لخص نتائج هذا العرض. **تزداد سرعة التفاعل بزيادة مساحة السطح.**
- توقع أيهما يذوب أولاً: مكعبات من السكر، أم الكتلة نفسها من حبيبات السكر؟ **حبيبات السكر.**
- ماذا تتوقع أن يحدث لسرعة التصادمات بين جزيئات الأوكسجين، وجسيمات الغبار، عند زيادة مساحة السطح؟ **تزداد سرعة التصادمات بزيادة مساحة السطح.**

وحافظ على درجة حرارة الماء عند هذه الدرجة طوال وقت التفاعل.

التحليل

1. حدد الكتلة الابتدائية، والكتلة النهائية، والزمن الابتدائي t_i والزمن النهائي t_f لكل محاولة.
2. احسب سرعة التفاعل من خلال إيجاد كتلة المواد 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 40°C ، وفسر الأسس التي اعتمدت عليها في توقعك. وللتأكد من توقعك كرر التجربة عند 40°C باستعمال قطعة أخرى من القرص الفوّار.
5. قوّم مدى دقة وصحة توقعك لسرعة التفاعل عند 40°C ، مقارنة بالقيمة المقیسة لسرعة التفاعل.

دراسة العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة

ما تأثير درجة الحرارة في التفاعل الكيميائي، عموماً؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. جزّئ قرصاً من الأقراص الفوّارة إلى أربع قطع متساوية.
3. استعمال الميزان لقياس كتلة قطعة واحدة منها. ضع 50 ml من الماء عند درجة حرارة الغرفة (20°C تقريباً) في كأس زجاجية سعته 250 ml. استعمال مقياس حرارة غير زئبقي لقياس درجة حرارة الماء.
4. ضع قطعة القرص الفوّار في الماء، وسجل الوقت لحظة ملاسمة القرص للماء، ولحظة ذوبانه بالكامل، باستعمال ساعة وقف أو ساعة يد بها عقرب ثوان.
5. كرر الخطوتين 3 و 4، ولكن في هذه المرة سخّن الماء تدريجياً على سخّان كهربائي حتى تصل درجة حرارته إلى 50°C ،

المحفّزات والمنبّطات Catalysts and Inhibitors

يؤثر كل من درجة الحرارة وتركيز المواد المتفاعلة في سرعة التفاعل. إلا أن زيادة درجة الحرارة ليست دائماً 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 أو يقتل الخلية، ولكن هناك نوعين من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل، هما:

المحفّزات لا تحدث كثير من التفاعلات الكيميائية في المخلوّقات 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 تستهلك في التفاعل. تستعمل المحفّزات على نطاق واسع في الصناعات التحولية لإنتاج كمية أكبر من المنتج بسرعة كبيرة، مما يقلل من تكلفته. ولكن لا يزيد المحفّز من عدد النواتج، ولا يعتبر ضمن المواد المتفاعلة أو الناتجة من التفاعل. لذا لا يتم تضمينه في المعادلات الكيميائية.

المنبّطات يسمى النوع الآخر من المواد التي تؤثر في سرعة التفاعل **المنبّطات**. وخلافاً للمحفّز الذي يزيد سرعة التفاعل، تعمل المنبّطات على إبطاء سرعة التفاعل أو منع حدوث التفاعل. كما تتحول بعض المنبّطات دون حدوث التفاعل على الإطلاق.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة البحث عن تأثير الحرارة في قانون سرعة التفاعل الكيميائي، وتقديم وصف لذلك. لا يتغيّر شكل قانون السرعة، ولكنّ تغيير درجة الحرارة يغيّر قيمة ثابت السرعة K ؛ لأن قيمة K تتناسب مع e^{-E_a}/RT ، حيث تعكس قيمة e^{-E_a}/RT الجزء الخاص بعدد التصادمات التي تمتلك طاقة كافية لبدء التفاعل. **ف م**

الهدف يحدّد الطلبة تأثير درجة الحرارة في سرعة التفاعل.

المهارات العملية جمع البيانات وتفسيرها، وإعداد الرسوم البيانية واستعمالها، والملاحظة والتوقع، وإدراك السبب والنتيجة.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلبة مراجعة نموذج السلامة قبل بدء العمل. سيكون سطح السخّان الكهربائي ساخناً؛ لذا استخدم نظام حمايةٍ لوقاية من سخونته.

استراتيجيات التدريس

- استعمال قرصاً فوّاراً يحتوي على كربونات الصوديوم الهيدروجينية، أو حمض الليمون (حمض الستريك)، أو أيّ حمض ضعيفٍ آخر.
- صف التفاعل الكيميائي للقرص: أسيتيل حمض السلسليك (الأسبرين) + حمض الستريك + كربونات الصوديوم الهيدروجينية → سيترات الصوديوم + أسيتيل سليسليك الصوديوم + ماء + ثاني أكسيد الكربون، الذي تنتج عنه الفقاعات.

النتائج المتوقعة

كلّما ازدادت درجة الحرارة ازدادت سرعة التفاعل.

تحليل النتائج

1. ستتنوع النتائج تبعاً لدرجة الحرارة، وكتلة القرص الفوّار.
2. ينبغي أن تكون سرعة التفاعل أعلى عند 50°C ممّا هي عليه عند 20°C .
3. تكون سرعة التفاعل أكبر عند درجات الحرارة العالية.
4. يجب أن تؤدّي الزيادة في درجة الحرارة بمقدار 10 درجات إلى مضاعفة سرعة التفاعل، لأنّ التوقع المعقول هو تضاعف سرعة التفاعل إلى أربع مراتٍ.
5. لم يكن التوقع مطابقاً للبيانات التجريبية، وقد يكون ذلك عائداً إلى الاختلافات في كتل الأقراص المستعملة، ولكنّ سرعة التفاعل عند 40°C أعلى من سرعة التفاعل عند 20°C .

■ **إجابة سؤال الشكل 11-4** تُغيّر المحفزات طاقة التنشيط فقط، ولكنها لا تؤثر في مستوى طاقة المواد المتفاعلة، أو الناتجة، لذا لا تتأثر الطاقة المنبعثة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

زوّد الطلبة بمنحنى عام لطاقة تفاعل ماصّ للطاقة بوجود المحفزات مرّةً، وعدم وجودها مرّةً أخرى. وتحقّق من مدى فهمهم بأن تطلب إليهم وضع الأسماء التالية في أماكنها الصحيحة: الموادّ الناتجة، والموادّ المتفاعلة، والمعقد المنشط، وسير التفاعل في وجود المحفز، وسير التفاعل دون محفز. **ضم م**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة شرح اثنين من العوامل التي تؤدّي إلى زيادة سرعة التفاعل، عندما تزداد درجة الحرارة. تؤدّي زيادة درجات الحرارة إلى زيادة كلّ من عدد التصادمات بين الجسيمات، وطاقة التصادم. **ضم م**

التوسّع

اطلب إلى الطلبة استقصاء التفاعلات المستخدمة في تطوير الأفلام الفوتوغرافية وطباعتها، واطلب إليهم الاهتمام بكيفية تمكّن المصورين من التحكم في سرعة هذه التفاعلات خاصّةً، فقد يرغب طالب، أو مجموعة من الطلبة في تقديم عرض لما توصلوا إليه من نتائج. **ضم م ت ت**

التقويم

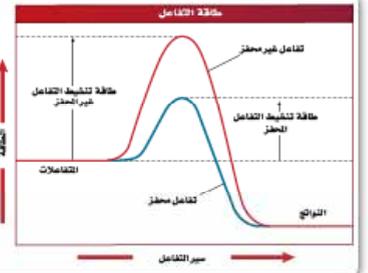
المهارة اطلب إلى الطلبة إعداد جدول يلخّصون فيه تأثير العوامل التالية في سرعة التفاعلات: التركيز، والنشاط الكيميائي، ومساحة السطح المعرض للتفاعل، والحرارة، والمحفّزات. **ضم م**



الشكل 4-12 طاقة تنشيط أعلى يعني أنه يجب أن يكون للجسيمات طاقة أعلى لكي تتفاعل. فالحصان والفارس يحتاجان إلى القليل من الطاقة للقفز فوق حاجز منخفض، بينماهما بحاجة إلى مزيد من السرعة والطاقة لاجتياز الحاجز المرتفع.

الشكل 11-4 يبين

أن طاقة تنشيط التفاعل المحفز أقل من طاقة تنشيط التفاعل غير المحفز. لذا ينتج التفاعل المحفز النواتج بسرعة أكبر من التفاعل غير المحفز.



يبيّن الرسم البياني في الشكل 11-4 مخطط الطاقة لتفاعل كيميائي طارد للحرارة. ويمثل الخط الأحمر مسار التفاعل دون وجود أي محفز، في حين يمثل الخط الأزرق سير التفاعل مع وجود المحفز. لاحظ أن طاقة التنشيط للتفاعل المحفز أقل بكثيرًا من طاقة التنشيط في التفاعل غير المحفز. يمكنك اعتبار طاقة التنشيط في التفاعل عقبة يجب تحطيمها، كما هو مبين في الشكل 12-4. ففي هذا السياق يحتاج الحصان والفارس مثلًا طاقة أقل كثيرًا لاجتياز الحاجز المنخفض، مقارنة بالطاقة اللازمة للقفز فوق الحاجز المرتفع.

تعمل المثبطات بطرق متنوعة، فبعضها يغلّق المسارات المنخفضة الطاقة، ومن ثم تزيد طاقة التنشيط للتفاعل. وتعمل مثبطات أخرى على التفاعل مع المحفز، فتدمره أو تمنعه من أداء وظيفته. وفي أحيان أخرى، كسا في التفاعلات البيولوجية ترتبط المثبطات بالإنزيمات التي تحفز التفاعل، فتمنع حدوثه. أما في صناعة الأغذية فتسمى المثبطات بالمواد الحافظة أو المواد المضادة للأكسدة. وتعتبر المواد الحافظة آمنة للأكل وتعطي فترة صلاحية أطول للغذاء.

التقويم 4-2

الخلاصة

- 12. **الفكرة الرئيسية** هُسر سبب تفاعل فلز الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك HCl أسرع من تفاعل الحديد مع الحمض.
- 13. هُسر كيف تفسر نظرية التصادم تأثير التركيز في سرعة التفاعل.
- 14. هُسر الفرق بين المحفزات والمثبطات.
- 15. صف تأثير طحن إحدى المواد الداخلة في التفاعل على شكل مسحوق بدلًا من وضعها قطعة واحدة- في سرعة التفاعل.
- 16. استنتج إذا كانت زيادة درجة حرارة التفاعل بمقدار 10K يؤدي إلى تضاعف سرعة التفاعل، فإذا توقع أن يكون أثر زيادة درجة الحرارة بمقدار 20K؟
- 17. ابحث في كيفية استعمال المحفزات في الصناعة، أو الزراعة، أو في معالجة التربة الملوثة، أو النفايات، أو الماء الملوث. اكتب تقريرًا قصيرًا يلخص النتائج التي حصلت عليها حول دور المحفزات في أحد هذه التطبيقات.

- تشمّل العوامل الرئيسية التي تؤثر في سرعة التفاعلات الكيميائية: التركيز، ومساحة سطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفّزات.
- رفع درجة حرارة التفاعل يزيد عمومًا من سرعة التفاعل من خلال زيادة وتيرة التصادم، وعدد الاصطدامات التي تكون المعقد المنشط.
- تعمل المحفزات على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية عن طريق خفض طاقات التنشيط.

التقويم 4-2

- 12. فلز الماغنيسيوم أكثر نشاطًا من الحديد، لذا فإنّ تفاعل الماغنيسيوم مع HCl أسرع من تفاعل الحديد معه.
- 13. تؤدّي زيادة تركيز الموادّ المتفاعلة إلى زيادة عدد التصادمات بين جسيمات الموادّ المتفاعلة.
- 14. يؤدّي المحفز إلى زيادة سرعة التفاعل بخفض طاقة التنشيط، كما يؤدّي المثبّط إلى إبطاء التفاعل، أو إيقافه أحيانًا بالتدخل في

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

التناسب الطردي وقوانين السرعة ارسم مستطيلاً على السبورة، واطلب إلى الطلبة استنتاج صيغة القانون الذي يستعمل في حساب مساحته $A = l \times W$ ، ثم ضاعف طول المستطيل ($2l$)، مع إبقاء العرض دون تغيير، واسأل؛ لماذا تتغير المساحة؟ وكيف؟ ستصبح المساحة الجديدة ضعف المساحة الأصلية لأنّ الطول قد يتضاعف مرتين. ثمّ أشر إلى تشابه قانون سرعة التفاعل الكيميائي في ارتباط سرعة التفاعل رياضياً بتركيز المواد المتفاعلة، فإذا كان التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للمواد المتفاعلة مثلاً؛ فإنّ مضاعفة التركيز تؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل. **ف م ض م دم**

2. التدريس

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة تصميم وإجراء تجربة؛ لتقويم تأثير تركيز الخلل في سرعة التفاعل بين الخلل CH_3COOH ، وخميرة الخبز (بيكنج باودر) NaHCO_3 ، على أن تتضمن تجارب الطلبة تخفيف الخلل، والمقارنة بين سرعة التفاعل من خلال حساب سرعة تصاعد غاز CO_2 من تراكيز معينة من الخلل وكتل محددة من خميرة الخبز. **ض م**

- تكتسب العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيز.
- تحدد رتبة التفاعل الكيميائي بمقارنة السرعة الابتدائية.

مراجعة المفردات

المتفاعلات، المواد التي يبدأ بها التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

قانون سرعة التفاعل

ثابت سرعة التفاعل

رتبة التفاعل

قوانين سرعة التفاعل Reaction Rate Laws

الفكرة الرئيسية قانون سرعة التفاعل عبارة عن علاقة رياضية - يمكن تحديدها بالتجربة - تربط بين سرعة التفاعل وتركيز المادة المتفاعلة.

الربط مع الحياة عندما يزداد انهار المطر تزداد سرعة جريان الماء فوق سطح الأرض. وبالطريقة نفسها، عندما يزداد العالم الكيميائي تركيز المواد المتفاعلة تزداد سرعة التفاعل.

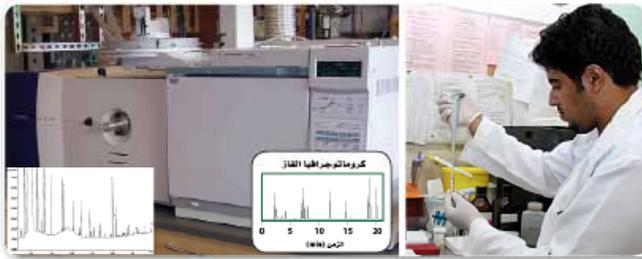
كتابة قوانين سرعة التفاعلات Writing Reaction Rate Laws

تعلمت سابقاً كيفية حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي. وكلمة (متوسط) مهمة؛ لأن معظم التفاعلات الكيميائية تبطئ 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. فعل سبيل المثال، يعتبر التفاعل $A \rightarrow B$ تفاعلاً من خطوة واحدة. ويعبر عن قانون سرعة تفاعله على النحو الآتي:

$$R = k[A]$$

يعبر عن سرعة التفاعل بخطوة واحدة يحصل ضرب كمية ثابتة في تركيز المادة المتفاعلة.

والرمز k قيمة عددية ثابتة تسمى **ثابت سرعة التفاعل**. وتربط هذه القيمة العددية سرعة التفاعل بتركيز المواد المتفاعلة عند درجة حرارة معينة. وثابت السرعة قيمة محددة لكل تفاعل، وله وحدات قياس مختلفة مثل: $\text{L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{s}$ ، أو $\text{L}/\text{mol} \cdot \text{s}$ ، أو s^{-1} . ويجب تحديد قانون سرعة التفاعل تجريبياً، كما هو موضح في الشكل 4-13.



الشكل 4-13 يتم سحب عينات من خليط التفاعل على فترات منتظمة لتحديد سرعة التفاعل في أثناء حدوثه. ثم تحقن هذه العينات فوراً في جهاز الكروماتوجرافيا، الذي يقوم بتعريف مكوناتها، ثم فصلها بعضها عن بعض.

عرض عملي

الأكسجين وسرعة الاحتراق

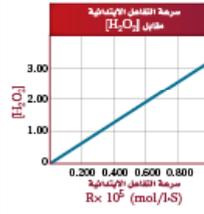
زن 0.4 g تقريباً من MnO_2 في دورق مدرّج حجمه 400 ml، ثم أضف إليه 40 ml من H_2O_2 بتركيز 6%، ودع الأكسجين يتجمّع في الدورق من خلال تغطيته بزجاجة ساعة، أو لوح زجاجي، وضع النظارات الواقية، والبس معطف المختبر، واحمل شظية خشبية بواسطة الملقط، وأشعل طرفها ثم أدخله في الدورق، وبعد ملاحظة سرعة احتراق الشظية في الهواء، أطفئ شعلتها، ولاحظ سرعة الاحتراق في الدورق بعد رفع الغطاء عنه مباشرة. ستشتعل النيران في الشظية، ويزداد توهجها مع وجود غاز الأكسجين، مما يدل على أن تركيز الأكسجين يُعدُّ جزءاً من قانون سرعة التفاعل لاحتراق الشظية الخشبية. افصل السائل عن MnO_2 ، وتخلّص منه في صورة نفايات صلبة، واطرحها في المغسلة.

■ إجابة سؤال الشكل 14-4

$$0.460 \times 10^{-5} \text{ أو } 4.60 \times 10^{-6} \text{ mol/(l.s)}$$

✓ **ماذا قرأت؟** ستتضاعف سرعة التفاعل ثلاث مرات.

الشكل 14-4 بين الرسم البياني العلاقة المباشرة بين تركيز H_2O_2 وسرعة التحلل.



يبين قانون السرعة أن سرعة التفاعل تتناسب طردياً 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.

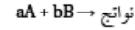
قوانين سرعة التفاعل من الرتبة الأولى يُفهم من المعادلة الرياضية سرعة التفاعل $k[A]$ أن التعبير [A] يعني [A]. ويعرف الرقم العلوي الذي يمثل الأس لمادة المتفاعلة A بـ **رتبة التفاعل**، والتي يمكن تحديدها من خلال معرفة تأثير التغير في تركيز المادة المتفاعلة على سرعة التفاعل. فعلى سبيل المثال، يُعبّر عن قانون سرعة تفاعل تحلل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 بالمعادلة الآتية: $R = k [H_2O_2]$

وبما أن سرعة التفاعل تتناسب طردياً مع تركيز H_2O_2 مرفوعة للأس 1 أي: $[H_2O_2]^1$ فإن تحلل H_2O_2 هو تفاعل من الرتبة الأولى، لذلك فإن سرعة التفاعل ستغير بنفس التغير في تركيز H_2O_2 فإذا انخفض تركيز H_2O_2 إلى النصف فإن سرعة التفاعل ستخضع أيضاً 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 تجريبياً أيضاً. وأخيراً، ولأن ثابت السرعة K يصف سرعة التفاعل، لذا يجب تحديده تجريبياً أيضاً. يبين الشكل 14-4 كيف تتغير سرعة التفاعل الابتدائية لتحلل H_2O_2 مع التغير في تركيز H_2O_2 .

✓ **ماذا قرأت؟** استنتج إذا كانت رتبة المواد المتفاعلة في تفاعل كيميائي من الرتبة الأولى، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف تركيز المواد المتفاعلة ثلاثة أضعاف؟

قوانين سرعة التفاعل لرتب أخرى الرتبة الكلية للتفاعل الكيميائي هي ناتج جمع الرتب بالنسبة إلى كل مادة متفاعلة في التفاعل الكيميائي. ومن المعروف أن الكثير من التفاعلات - وبخاصة تلك التي تحتوي على أكثر من مادة متفاعلة - ليست من الرتبة الأولى. لتفحص الشكل العام لتفاعل كيميائي مكون من مادتين متفاعلتين، كما هو مبين في المعادلة الآتية حيث ترمز a و b في هذه المعادلة الكيميائية للمعاملات.



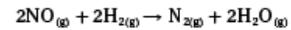
يكون الشكل العام لسرعة مثل هذا التفاعل كما يأتي:

$$\text{القانون العام لسرعة التفاعل} \\ R = k[A]^m[B]^n$$

حيث [A] و [B] تمثل تراكيز المواد المتفاعلة. n و m يمثلان رتب التفاعل.

سرعة التفاعل تساوي حاصل ضرب ثابت سرعة التفاعل في تراكيز المواد المتفاعلة كل منها مرفوع للأس (الرتبة) التي يتم تحديدها تجريبياً.

إذا حدث التفاعل بين A و B في خطوة واحدة، وتكون 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:



طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة إنشاء جدول بيانات يظهر فيه التركيز المولاري للمواد الابتدائية B، A، لثلاث محاولات للتفاعل $C \rightarrow B + A$. وزوّدهم بقانون السرعة وهو: السرعة $k[A]^2[B]^3$ ، واطلب إليهم التعبير عن سرعة التفاعل بوحدات mol/l.s للمادة C. **يجب أن تُظهر البيانات تضاعف سرعة التفاعل أربعة أضعاف، عندما يتضاعف [A]، وتضاعف سرعة التفاعل ثمانية أضعاف، عندما تتضاعف قيمة [B].**

ف م

الرياضيات في الكيمياء

الأسس ساعد الطلبة على حل العديد من الأمثلة على العمليّات الرياضيّة التي تتضمّن الأسس للتحقق من مدى فهمهم لاستعمال الأسس في قوانين سرعة التفاعل، مستخدمًا القيمة 0.10 لـ ثابت سرعة التفاعل k ، والتركيز الابتدائيّ $[A] = 0.5$ في كل من الأمثلة التالية، وضاعف قيمة $[A]$ في المحاولة 2.

- $R = k [A]$ (من الواضح أن الأس هنا هو 1)
 - المحاولة 1 $R_1 = (0.5) \times 0.10 = 0.050$
 - المحاولة 2 $R_2 = (1.00) \times 0.10 = 0.10$
 أشر هنا إلى أن مضاعفة تركيز $[A]$ يضاعف سرعة التفاعل لأن $2 = 2^1$.
- $R = k [A]^2$
 - المحاولة 1 $R_1 = (0.50)^2 \times 0.10 = 0.025$
 - المحاولة 2 $R_2 = (1.00)^2 \times 0.10 = 0.10$
 وهذا يدلُّ على أن مضاعفة تركيز $[A]$ تزيد سرعة التفاعل بمقدار 4 مرات؛ لأن $4 = 2^2$.
- السرعة $k = [A]^3$
 - المحاولة 1 $R_1 = (0.50)^3 \times 0.10 = 0.0125$
 - المحاولة 2 $R_2 = (1.00)^3 \times 0.10 = 0.10$
 وهذا يدلُّ على أن مضاعفة تركيز $[A]$ يزيد سرعة التفاعل بمقدار العامل 8؛ لأن $8 = 2^3$.

بمقدار العامل 8؛ لأن $8 = 2^3$. **ضم م**

ماذا قرأت؟ الرتبة الكليّة للتفاعل هي مجموع أسس مكوّنات المعادلة جميعها.

مسائل تدريبية

18. $R = k[A]^3$

19. $R = k[O_2][NO_2]^2$

20. بدراسة المحاولتين 1 و 2، نجد أن مضاعفة تركيز $[A]$ لا يؤثر في سرعة التفاعل؛ لذا فإن رتبة التفاعل للمادة A صفر، وبدراسة المحاولتين 2 و 3، فإن مضاعفة تركيز المادة $[B]$ يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل، لذا فرتبة التفاعل أحاديّة بالنسبة إلى المادة B:

$$K[A]^0[B]^1 = k [B]$$

21. وبدراسة المحاولتين 1 و 2، تؤدي مضاعفة تركيز $[CH_3CHO]$ إلى زيادة سرعة التفاعل بمقدار المعامل 4، وبدراسة المحاولتين 2 و 3، نجد أن مضاعفة تركيز المادة $[B]$ يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل أيضًا بمقدار المعامل 4، لذا فالسرعة في المحاولة 3 هي:

$$4.32 \times 10^{-11} \text{ mol / (l.s)}$$

يحدث هذا التفاعل في أكثر من خطوة، وبالتالي فإن قانون سرعة التفاعل له يكون: $R = k [H_2][NO_2]^2$ ويحدد القانون السرعة من البيانات التجريبية التي تشير إلى أن السرعة تعتمد على تركيز المواد المتفاعلة على النحو الآتي: إذا تضاعف $[NO]$ مرتين فإن السرعة ستتضاعف أربع مرات، وإذا تضاعف $[H_2]$ مرة واحدة فإن السرعة ستتضاعف مرة واحدة أيضًا.

يوصف التفاعل بأنه من الرتبة الثانية في NO ، ومن الرتبة الأولى في H_2 ، وبذلك تكون رتبة التفاعل الكلية من الدرجة الثالثة. فالرتبة الكلية للتفاعل هي مجموع الرتب لكل مادة متفاعلة (مجموع الأسس)، الذي هو $(2 + 1)$ ، أو 3.

ماذا قرأت؟ اشرح كيف يمكنك تحديد الرتبة الكلية للتفاعل من المعادلة الرياضية للتفاعل.

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 التالي (نواتج $aA + bB$)، وافترض أنه أجري ثلاث مرات بتركييزات مختلفة لكل من A و B ، وأن سرعة التفاعل الابتدائية كما هو مبين في الجدول 4-2. 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 4-2، 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 $2 = 2^1$ ، فلا بد إذن أن تكون قيمة m تساوي 1.

وستستعمل الطريقة نفسها لتحديد قيمة الأس n في المادة $[B]$. فعند مقارنة تركيز المادة B في المحاولتين الثانية والثالثة ستجد أن تركيزها قد تضاعف في المحاولة الثالثة، مما يعني زيادة سرعة التفاعل أربع مرات عن المحاولة الثانية. ولأن $4 = 2^2$ ، 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 للسرعة: $R = k [A]^1 [B]^2$

وبالتالي تكون الرتبة الكلية للتفاعل هي تفاعل من الرتبة الثالث (مجموع الأسس $2 + 1 = 3$)

بيانات السرعات الابتدائية للتفاعل نواتج $aA + bB$			الجدول 4-2
التركيز الابتدائي [A]	التركيز الابتدائي [B]	السرعة الابتدائية mol/l.s	المحاولة
0.100	0.100	2.00×10^{-3}	1
0.200	0.100	4.00×10^{-3}	2
0.200	0.200	16.00×10^{-3}	3

دفتر الكيمياء

قوانين سرعة التفاعل اطلب إلى الطلبة إنشاء جدول في دفاترهم يصفون فيه تأثير مضاعفة $[A]$ بمقدار الضعف، ثم ثلاثة أضعاف، ثم أربعة أضعاف في السرعة العامّة للتفاعلات الكيميائيّة، التي لها قوانين السرعة الآتية:

ضم م $R = k [A]^0$. $R = k [A]$. $R = k [A]^2$. $R = k [A]^3$

18. اكتب معادلة قانون سرعة التفاعل $aA \rightarrow Bb$ إذا كانت رتبة التفاعل للمادة A هي من الرتبة الثالثة.

19. إذا علمت أن رتبة التفاعل $2NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$ من الدرجة الأولى بالنسبة للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل من الرتبة الثالثة. فما القانون العام لسرعة التفاعل؟

20. أعطيت البيانات التجريبية من الجدول الآتي. حدد قانون سرعة التفاعل الآتي: $aA + bB \rightarrow$ نواتج
(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. تحدّد إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل: $CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$ هو: $R = k[CH_3CHO]^2$. استعمل هذه المعلومات لتعبئة البيانات المقفولة 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 4-3

الخلاصة

- 22. **تعريف** **النسبة** 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 بالنسبة لمادة متفاعلة.
- 24. **اشرح** وظيفة ثابت سرعة التفاعل في معادلة قانون سرعة التفاعل.
- 25. **اشرح** متى يمكن أن يصبح ثابت سرعة التفاعل k ليس ثابتاً وعلامة تدل قيمة k في قانون سرعة التفاعل؟
- 26. **اقترح** تفسيراً لأهمية أن نعرف أن قيمة قانون سرعة التفاعل هو متوسط سرعة التفاعل.
- 27. **اشرح** كيفية ارتباط الأسس في معادلة قانون سرعة تفاعل كيميائي بالمعاملات في المعادلة الكيميائية التي تمثلها.
- 28. **حدد** رتبة التفاعل الكلية بين المادتين A و B حسب معادلة قانون سرعة التفاعل الآتية: $R = k[A]^2[B]^2$.
- 29. **صمم** تجربة اشرح كيف يمكن تصميم تجربة لتحديد القانون العام لسرعة التفاعل باستعمال طريقة السرعة الابتدائية للتفاعل الآتي: نواتج $aA + bB \rightarrow$

تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة وتركيز محددتين للمواد المتفاعلة قانون سرعة التفاعل.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة إعطاء رتبة التفاعل لكل مادة، والرتبة الكلية للتفاعل لقانون التفاعل الآتي:



التفاعل ثنائي الرتبة بالنسبة لـ NO_2 ، وأحادي الرتبة بالنسبة لـ Cl_2 ، والتفاعل الكلي ثلاثي الرتبة. **ض م**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة كتابة قانون سرعة التفاعل العام الذي يتضمن المواد الداخلة في التفاعل A و B و C، إذا كانت رتبة التفاعل ثنائية في A، وصفرًا في B، وأحادية في C.



التوسع

اطلب إلى الطلبة المهتمين إعداد عرض أمام طلبة الصف لتفاعل ساعة اليود، لقد تم وصف التفاعلات التي تتضمن محلول يودات البوتاسيوم، وثنائي كبريتيت الصوديوم، ومحلول النشا في العديد من الأدلة المخبرية، والكتب الكيميائية. **ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تحديد كيفية تغير السرعة الابتدائية (على افتراض أن درجة الحرارة ثابتة) في كل من التجارب التالية:

a. التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة إلى A، التي تم تقليل تركيزها إلى النصف. **تقل سرعة التفاعل بمقدار النصف.**

b. التفاعل ثنائي الرتبة بالنسبة إلى B، التي تم زيادة تركيزها ثلاث مرات. **تزداد سرعة التفاعل بمقدار**

المعامل 9. **ض م**

التقويم 4-3

- 22. يُعبّر قانون السرعة عن العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل، وراكيز المواد المتفاعلة.
- 23. التفاعل من الرتبة الأولى: $R = k[A]$ ، التفاعل من الرتبة الثانية: $R = k[A]^2$.
- 24. يربط ثابت سرعة التفاعل (k) بين سرعة التفاعل، والتركيز عند درجة حرارة معينة.
- 25. تتغير قيمة K مع درجة الحرارة، فكلما كانت قيمة K أكبر، كان التفاعل أسرع.
- 26. تقل سرعة التفاعل مع الزمن كلما قلت تراكيز المواد المتفاعلة،

لذا فسرعة التفاعل هي المعدل عبر الزمن، وليست السرعة عند لحظة معينة.

27. لا توجد علاقة.

28. الرتبة الكلية للتفاعل 4.

29. تحديد رتبة المادة المتفاعلة A، بقياس سرعة التفاعل لعدة محاولات، حيث تتغير قيمة [A] في كل مرة، في حين تبقى قيمة [B] ثابتة، ولتحديد رتبة المادة المتفاعلة B، تقاس سرعة التفاعل مرات عدة، باعتبار تغير قيمة [B]، في حين تبقى قيمة [A] ثابتة.

الهدف

سيكتشف الطلبة العلاقة بين حرارة الجسم، والتفاعلات الكيميائية التي تسيطر على وظائف الجسم الحيويّة.

الخلفية النظرية

إنَّ تحلّل $ATP(C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3)$ إلى $ADP(C_{10}H_{15}N_5O_{10}P_2)$ ، وفوسفات غير عضويّ، هو تفاعل طاردٌ للطاقة. ويُعدُّ هذا التفاعل بمنزلة البطاريات القابلة للشحن، فعندما تستخدم البطارية تُعطي طاقة الوضع، حتّى يتمّ تحويل ما فيها من طاقة إلى طاقة كهربائية، وحرارة. ويُمكن إعادة استعمال هذه البطارية مرةً أخرى فقط بعد إعادة شحنها، وفي هذه المحاكاة يقوم ATP ، بعمل البطارية القابلة للشحن. ويحلُّ ADP محلَّ البطارية المستخدمة، ويوجد في جسم الإنسان 0.1 mol من ATP تقريباً. ويدور تحت الظروف العادية من الاستهلاك الطبيعي للطاقة في الإنسان، كلُّ جزيء ATP من 2000 إلى 3000 مرةً في اليوم؛ لتلبية حاجات الجسم من الطاقة.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات ثنائية؛ لتحليل الشكل 1، واطلب إليهم وصف العلاقة بين المتغيّرات في الرسم البيانيّ.
- اطلب إلى الطلبة التأمل في الطاقة، التي يحتاج إليها الجسم في ظلّ ظروف ارتفاع حرارة الجسم وانخفاضها، واطلب إليهم أيضاً توقع الظروف التي تتطلب الاستخدام الأكبر لـ ATP .

سرعة التفاعل ودرجة حرارة الجسم

تخيّل أنك خرجت من المنزل في يوم بارد مسرعاً؛ 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.

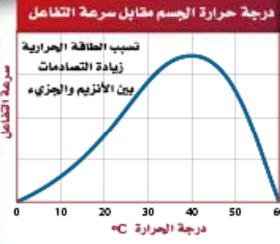
درجة حرارة الجسم الطبيعية Normal body temperature
درجة حرارة الجسم الطبيعية 37°C تقريباً، ولكنها قد تختلف باختلاف العمر، أو الجنس، أو الوقت، أو مستوى النشاط الذي يقوم به الشخص؛ فترتفع درجة حرارة جسمك عندما تقوم بأنشطة شاقة، أو عندما تكون درجة حرارة الهواء المحيط بك مرتفعة. ويمكن أن تنخفض درجة حرارة جسمك عند أخذ حمام بارد، أو عدم لبس معطف في طقس بارد.

التفاعلات الكيميائية تسخّن الجسم

Chemical reactions heat the body
يتم هضم الطعام داخل كل خلية من خلايا الجسم، لإنتاج الطاقة التي تُستعمل أو تُخزّن على شكل جزيئات كبيرة تدعى أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP). وعند الحاجة إلى الطاقة يتحول ATP إلى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة الفوسفات (P_i) ومن ثم تنحر الطاقة. $ATP \rightarrow ADP + P_i + \text{طاقة}$. تتطلب مثل هذه التفاعلات إنزيمات خاصة لكي تنظم سرعتها. والإنزيمات بروتينات محفزة تكون أكثر كفاءة ضمن درجة حرارة جسم الإنسان الطبيعية. لا يمكن أن تحدث مثل هذه التفاعلات بسرعة تلبّي احتياجات الجسم دون مساعدة الإنزيمات ودرجة حرارة قريبة من 37°C . أما خارج نطاق هذه 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 الطاقة الحرارية الصادرة عن التفاعلات الكيميائية داخل الجسم، والطاقة الحرارية المتبادلة بين الجسم والبيئة المحيطة به.

للإطلاع فقط



الشكل 1 تقترب درجة حرارة الجسم من 37°C . تؤدي الزيادة الكبيرة في الطاقة الحرارية إلى كسر الصيغ البيانية للبروتينات مما يوقف قدرتها على العمل كما ينبغي.

انخفاض درجة حرارة الجسم Hypothermia

عندما تنخفض درجة حرارة الجسم تبدأ غدة تحت المهاد القيام بالعمليات التي من شأنها زيادة تحرير الطاقة الحرارية. فالفشعرية أو الارتجاف عملية تنتج عن تقلصات سريعة للعضلات نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تطلق الطاقة الحرارية. كما يبدأ الجسم أيضاً إجراءات للحفاظ على الطاقة الحرارية للجسم، ومن ذلك الحد من تدفق الدم إلى الجلد.

ارتفاع درجة حرارة الجسم Hyperthermia

تؤدي الطاقة الحرارية المفرطة سواء من البيئة أو بسبب زيادة التفاعلات الكيميائية داخل الجسم إلى استجابة الجسم بواسطة التعرق. ويتيح ذلك عن توسع الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد وتمددتها، إضافة إلى زيادة عمل القلب والرئة. ومن شأن هذه العمليات زيادة انتقال الطاقة الحرارية للبيئة. وقد خلق الله عز وجل النظام الكامل للتحكم في درجة الحرارة من أجل الحفاظ على حدوث التفاعلات داخل الجسم بالسرعة المثلى.

الكتابة في الكيمياء بحث صمم كتيباً للمرضى حول العلاج الطبي لانخفاض درجة حرارة الجسم أو ارتفاعها. ثم صف المدى الطويل لتأثير هذه الأمراض، وكيف يمكن منعها؟ لمزيد من المعلومات ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com لتعرف أكثر عن سرعة التفاعلات.

الكتابة في الكيمياء

بحث يتطلّب الجسم استعمال أكبر مقدار من ATP ، في حالات فقد الجسم لكميات كبيرة من الطاقة، وانخفاض درجة حرارته. وتشمل أعراض انخفاض حرارة الجسم ما يلي: النعاس، والضعف، وفقدان الإحساس بالاتجاه، والشحوب، وبرودة الجلد، والارتباك، وارتجاف لا يمكن السيطرة عليه، وتباطؤ التنفّس وسرعة ضربات القلب. لذا يجب أن يُغطّى المصاب بالبطانيات لتدفئته، أو عمل كمّادات دافئة له، وقد يكون هناك حاجة إلى إجراء CPR، أو عملية إنعاش القلب، وربما تكون هناك حاجة إلى التنفّس الصناعي. وتشمل أعراض ارتفاع الحرارة برودة الجلد وتعرقه، وزيادة سرعة ضربات القلب، وضعف النبض، والتشنّجات العضليّة، وضعف الجسم، لذا يتعيّن على المصاب الاسترخاء في مكان بارد، واستعمال كمّادات باردة، وتناول السوائل التي لا تحتوي على الكحول، أو الكافيين.

مختبر الكيمياء

الإعداد

الزمن المخصص 30 دقيقة.

المهارات العملية الملاحظة والاستنتاج، التسلسل، جمع البيانات وتفسيرها، كتابة الفرضيات.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلبة الاطلاع على نماذج احتياطات السلامة في المختبر، قبل بدء العمل. وذكر الطلبة بضرورة ارتداء معطف المختبر، ولبس القفازات، ووضع النظارات الواقية، وإضافة الحمض إلى الماء دائماً، وعدم سحب أي مادة كيميائية بالفم، بل باستعمال ضاغطة السحب الآمنة، وزود الطلبة بشريط الماغنيسيوم بنفسك.

التخلص من النفايات عادل الحمض الموجود في أنابيب الاختبار باستعمال خميرة الخبز NaHCO_3 قبل التخلص منه في المغسلة، أما محلول MgCl_2 ، فيمكن التخلص منه في المغسلة.

تحضير المحاليل

تركيز حمض الهيدروكلوريك HCl يساوي 12M، لذا خففه مع كمية مماثلة له من الماء المقطر؛ للحصول على تركيز HCl 6M. وأضف الحمض إلى الماء دائماً، وليس العكس.

خطوات العمل

- نظف شريط الماغنيسيوم، باستعمال ورق الصنفرة حتى يصبح لامعاً.
- ذكر الطلبة بضرورة قياس حجم الحمض والماء بدقة عند نقلها من أنبوب إلى آخر.

حلل واستنتج

مختبر الكيمياء

تأثير التركيز في سرعة التفاعل

اليلفنية، 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 سعة 10 ml	مائلة ماصة
ماء مقطر	حامل أنابيب اختبار
شريط ماغنيسيوم	ورق صنفرة
مقص	مسطرة بلاستيكية
ملاقط	ساعة وقف
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 6 M	
أنابيب اختبار قطرها 25 mm وطولها 150 mm مرقمة من 1 إلى 4	
ساق تحريك زجاجية	

إجراءات السلامة

تحذير، تجنب سحب أي مواد كيميائية بواسطة الفم. تجنب أن يلامس حمض الهيدروكلوريك الجلد أو العينين؛ فهو مادة كاوية.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. استعمل الماصة المدرجة البلاستيكية لسحب 10 ml من حمض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 6M، ثم وضعها في أنبوب الاختبار رقم 1.
3. اسحب 5 ml من حمض HCl تركيزه 6 M، باستعمال الماصة من أنبوب الاختبار رقم 1، ثم وضعها في أنبوب الاختبار رقم 2، وأضف إليها 5 ml من الماء المقطر، ثم حرّك المزيج بقضيب التحريك، ليصبح تركيز محلول HCl 3.0 M.
4. اسحب 5 ml من محلول حمض HCl تركيزه 3.0 M من أنبوب الاختبار رقم 2، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 3. أضف إليها 5 ml من الماء المقطر، وحرّكها بقضيب التحريك، ليصبح تركيز محلول HCl 1.5 M.
5. اسحب 5 ml من محلول حمض HCl بتركيز 1.5 M من أنبوب الاختبار رقم 3، وضعها في أنبوب الاختبار رقم 4.

حلل واستنتج

1. صمم الرسم البياني ارسم منحني بياني يمثل تركيز الحمض (على محور السينات)، وزمن التفاعل (على محور الصادات).
2. استنتج العلاقة بين تركيز الحمض وسرعة التفاعل الكيميائي، بالاعتداد على الرسم البياني؟
3. ضع فرضية بالاعتداد على: نظرية التصادم، وسرعة التفاعل، وتركيز المواد المتفاعلة؛ لتفسير تلك النتائج التي حصلت عليها.
4. تحليل الأخطاء قارن نتائج التجربة التي حصلت عليها مع النتائج التي حصل عليها الطلبة الآخرون في المختبر، فسر الاختلافات.

الاستقصاء

صمم تجربة اعتياداً على مشاهداتك والنتائج التي حصلت عليها، هل يؤثر التغير في درجة الحرارة في سرعة التفاعل؟ صمم تجربة لاختبار فرضيتك.

1. يجب أن يظهر الرسم البياني تناقص زمن التفاعل مع نقصان التركيز.
2. يقل زمن التفاعل مع نقصان تركيز الحمض.
3. عندما يزداد تركيز HCl المتفاعل في أنبوب الاختبار، يزداد احتمال التصادم بعنصر الماغنيسيوم، وتؤدي هذه التصادمات إلى تحرير غاز H_2 من الحمض، وتزيد من سرعة التفاعل الذي يُستدل عليه من خلال زيادة الفقاعات المتصاعدة.
4. يجب أن تكون نتائج الطلبة متقاربة، ولكن يمكن أن تنشأ الاختلافات نتيجة عدم الدقة في تخفيف المحلول لعينات الحمض، والاختلافات في طول شريط الماغنيسيوم.

الاستقصاء

قد تتضمن تجارب الطلبة اختيار تجربة بتخفيف واحد، وإعادة التجربة مرتين، أو ثلاث عند درجات حرارة مختلفة.

الفكرة (الثامنة) لكل تفاعل كيميائي سرعة محددة يمكن زيادتها أو إبطاؤها بتغيير ظروف التفاعل.

4-1 نموذج لسرعة التفاعلات الكيميائية

المفاهيم الرئيسية

- يعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي بسرعة استهلاك المواد المتفاعلة أو سرعة تكوّن المواد الناتجة.
- متوسط سرعة التفاعل = $\frac{\text{التغير في كمية المادة المتفاعلة والناتجة}}{\text{التغير في سرعة الزمن } \Delta t}$
- تحسب سرعات التفاعل عمومًا ويعبر عنها بوحدة mol / l.s .
- يجب أن تصطدم الجسيمات حتى يحدث التفاعل .

الفكرة (الرابعة) نظرية التصادم هي المفتاح لفهم الاختلاف في سرعة التفاعلات.

المفردات

- سرعة التفاعل
- نظرية التصادم
- المقعد المنشط
- طاقة التنشيط

4-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعلات الكيميائية

المفاهيم الرئيسية

- تتضمن العوامل الرئيسية التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ومساحة السطح، والحرارة، والمحفزات.
- تؤدي زيادة درجة الحرارة عمومًا إلى زيادة سرعة التفاعل؛ وذلك بزيادة عدد الاصطدامات التي تشكل المقعد المنشط.
- تزيد المحفزات من سرعة التفاعل الكيميائي بتقليل طاقة التنشيط.

الفكرة (الرابعة) تؤثر عوامل كثيرة في سرعة التفاعلات الكيميائية، ومنها: طبيعة المواد المتفاعلة، والتركيز، ودرجة الحرارة، ومساحة السطح، والمحفزات.

المفردات

- المحفزات
- المثبطات

4-3 قوانين سرعة التفاعل

المفاهيم الرئيسية

- تسمى العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل الكيميائي عند درجة حرارة معينة وتركيز المواد المتفاعلة قانون السرعة.

$$R = k [A]$$

$$R = k[A]^m[B]^n$$

الفكرة (الرابعة) 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

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

لتعزيز مفردات الفصل، اطلب إلى الطلبة، كتابة عبارات يتم فيها توظيف هذه المفردات. **ض م**

استراتيجيات المراجعة

- اطلب إلى الطلبة تلخيص كيفية التعبير عن سرعة التفاعل، وتوضيح كيفية ارتباط نموذج التصادم بسرعة التفاعل. **ض م**
- اطلب إلى الطلبة إعداد قائمة بالظروف، والعوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل وتوضيحها. **ض م**
- اطلب إلى الطلبة إعطاء مثال على قانون سرعة التفاعل. **ض م**
- اطلب إلى الطلبة شرح الفرق بين معدل سرعة التفاعل، والسرعة اللحظية للتفاعل. **ض م**



يمكن للطلبة زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الشبكة.
- المزيد من المعلومات، والمشاريع، والأنشطة عبر روابط أخرى.
- عمل الاختبارات الفصلية وتمارين الاختبارات المقتنة.

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 $A \rightarrow B$ بالاعتداد على تركيز المادة المتفاعلة A؟ وكيف يمكن مقارنة سرعة التفاعل بالاعتداد على المادة الناتجة B؟

33. ما دور المعقد المنشط في التفاعل الكيميائي؟

34. افترض أن جزيئين يتفاعلان عند تصادمهما، تحت أي ظرف لا يمكن أن يحدث تفاعل بينهما؟

إتقان المسائل

35. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية $I_2 + Cl_2 \rightarrow 2ICl$ ، فإذا كان تركيز $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل وأصبح 0.300 M بعد مضي 4.00 min . احسب متوسط سرعة التفاعل بوحدة mol/l.min .

36. يتفاعل المغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك حسب المعادلة: $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow H_2(g) + MgCl_2(aq)$

إذا كانت كتلة Mg تساوي 60 g لحظة بدء التفاعل، وبقي منها 4.5 g بعد مضي 3.00 min ما متوسط سرعة التفاعل بعدد مولات Mg المستهلكة/ دقيقة؟

37. وجد أن سرعة تفاعل كيميائي $2.25 \times 10^{-2} \text{ mol/l.s}$ عند درجة حرارة 322 K ، فما مقدار هذه السرعة بوحدة mol/l.min ؟

إتقان المفاهيم

38. ما دور نشاط المواد المتفاعلة في تحديد سرعة التفاعل الكيميائي؟

مراجعة الفصل

إتقان المفاهيم

30. يقل تركيز المواد المتفاعلة، في حين يزداد تركيز المواد الناتجة.

31. معدل سرعة التفاعل، هو التغير في تركيز المواد المتفاعلة، أو الناتجة خلال فترة زمنية محددة.

32. يعبر عن السرعة بأنها النقصان في $[A]$ خلال وحدة الزمن، $\Delta [A]$ $R = -\Delta t$ ، أما رقمياً، فتكون السرعتان متساويتين، ولكن تكون إشارة $\Delta [A] / \Delta t$ سالبة، في حين تكون إشارة $\Delta [B] / \Delta t$ موجبة.

33. يُعدُّ المعقد المنشط حالة، وسطية بين المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة.

34. لا تحدث التفاعلات بين الجزيئات إذا لم يؤدِّ التصادم إلى وجود كمية كافية من الطاقة، وإذا لم يتوافر الاتجاه المناسب لحظة التصادم.

إتقان المسائل

35. قيمة متوسط سرعة التفاعل 0.025 mol/l.min من I_2

الفصل

36. متوسط السرعة =

$$0.0617 \text{ mol} / 3.00 \text{ min} = 2.06 \times 10^{-2} \text{ mol} / \text{min}$$

37. السرعة =

$$1.35 \text{ mol} / (1. \text{min}) =$$

إتقان المفاهيم

38. تعتمد سرعة التفاعل على نشاط المواد المتفاعلة، وتكون

المواد المتفاعلة ذات النشاط الأعلى تحت ظروف معينة، هي الأسرع في التفاعل.

39. تؤدي زيادة التركيز إلى زيادة السرعة، في حين يؤدي تقليل التركيز إلى تقليل السرعة.

40. زيادة تركيز المواد المتفاعلة، يزيد من عدد فرص التصادم بين جسيمات التفاعل.

41. تمتلك الحبيبات الصلبة الناعمة مساحة سطح أكبر من القطع الكبيرة.

42. يقلل خفض درجة الحرارة عدد التصادمات بين المواد المتفاعلة في الطعام، ولذا تقل سرعة التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى فساد الطعام.

43. تسمح زيادة المساحة السطحية لمسحوق الخارصين للذرات بالتصادم بصورة أكبر مع جسيمات الحمض خلال وحدة الزمن.

44. ثاني أكسيد المنجنيز هو محفز لتفاعل التحلل؛ لأنه يؤدي إلى تقليل طاقة التنشيط.

إتقان المسائل

45. تتضاعف سرعة التفاعل لكل زيادة مقدارها 10 K ، لذا سوف تنتج 24 ml من غاز الأوكسجين تقريباً.

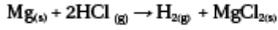
46. تتضاعف سرعة التفاعل عند ازدياد درجة الحرارة بمقدار 10 K تقريباً، لذا سينتج 48 ml من غاز الأوكسجين تقريباً. وتقل السرعة بمقدار النصف لكل انخفاض مقداره 10 K ، لذا يتضاعف الزمن إلى 200 s تقريباً؛ للحصول على كمية الأوكسجين نفسها.

مراجعة عامة

53. قوّم صحة الجملة الآتية: يمكنك تحديد سرعة تفاعل كيميائي عن طريق معرفة نسبة مولات المواد المتفاعلة في معادلة موزونة. فسر إجابتك.

54. 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 $\text{mol/l} \cdot \text{min}$.

55. وضعت عينة من المغنيسيوم معلومة الكتلة في وعاء يحتوي على حمض الهيدروكلوريك، فحدث تفاعل كيميائي وفقاً للمعادلة الآتية:



استعمل بيانات الجدول 4-4 لحساب حجم غاز الهيدروجين الناتج في الظروف القياسية STP خلال 3.00 min ؟

ملاحظة: يشغل 1 mol من الغاز المثالي حيزاً مقداره 22.4 L في الظروف القياسية.

جدول 4-4 تفاعل المغنيسيوم وحمض الهيدروكلوريك		
الزمن min	كتلة المغنيسيوم g	حجم الهيدروجين L عند STP
0.00	6.00	0.00
?	4.50	3.00

56. 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؟

57. يعبر عن التركيز في التفاعل الكيميائي بوحدة mol/l وعن الزمن بوحدة s. فإذا كان التفاعل الكلي من الرتبة الثالثة، فما وحدة ثابت سرعة التفاعل؟

4-3

إتقان المفاهيم

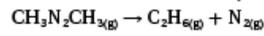
47. عند اشتقاق قانون سرعة التفاعل، يجب الاعتماد على الأدلة التجريبية أكثر من الاعتماد على المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعل؟

48. افترض أن قانون السرعة العام هو: $R = [A][B]^2$. ما رتبة التفاعل بالنسبة لكل من المادة A والمادة B؟ وما رتبة التفاعل الكلية؟

49. إذا كانت معادلة التفاعل العام هي: $A + B \rightarrow AB$ وقد وُجِدَ بالاعتماد على البيانات التجريبية أن رتبة التفاعل من الرتبة الثانية بالنسبة للمادة المتفاعلة A، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا انخفض تركيز المادة A إلى النصف، وبقيت جميع الظروف الأخرى ثابتة؟

إتقان المسائل

50. تم الحصول على البيانات التجريبية المدرجة في الجدول 4-3 من تحلل مركب الأزوميثان $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ عند درجة حرارة محددة حسب المعادلة:



استعمل البيانات الواردة في الجدول 4-3 لتحديد قانون سرعة التفاعل.

جدول 4-3 تحلل مادة الأزوميثان		
رقم التجربة	التركيز الابتدائي $[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3]$	السرعة الابتدائية للتفاعل
1	0.012 M	$2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/l} \cdot \text{s}$
2	0.024 M	$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/l} \cdot \text{s}$

51. استعمل بيانات الجدول 4-3 لحساب قيمة ثابت سرعة التفاعل K.

52. استعمل بيانات الجدول 4-3 لتوقع سرعة التفاعل، إذا كان التركيز الابتدائي لـ $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ هو 0.048 M ، ودرجة الحرارة ثابتة.

4-3

إتقان المفاهيم

47. لأن معظم التفاعلات الكيميائية تحدث بأكثر من خطوة.

48. التفاعل من الرتبة الأولى في A، والثالثة في B، والرابعة للتفاعل الكلي.

49. تقلُّ السرعة إلى ربع قيمة سرعتها الابتدائية.

إتقان المسائل

50. تؤدّي مضاعفة تركيز أزوميثان $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ في التجربة رقم 2، إلى مضاعفة سرعة التفاعل.

$$\text{ولذا، } R = k [\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3]$$

$$51. k = 1.2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$52. R = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/(l} \cdot \text{s)}$$

مراجعة الفصل

53. الجملة غير موثوقة؛ لأن معظم التفاعلات الكيميائية تحدث في صورة سلسلة من الخطوات الابتدائية، ويجب أن يحدّد قانون سرعة التفاعل بالطريقة التجريبية.

$$54. R = 0.0040 \text{ mol/l} \cdot \text{min}$$

$$55. \text{حجم } \text{H}_2 = 1.38 \text{ L}$$

$$56. R = 4.70 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot \text{min}$$

$$57. R, \text{ mol/(l} \cdot \text{s)}; R (\text{mol/l} \cdot \text{s}) = K (\text{mol/l})^3; K, (\text{l}^2/\text{mol}^2) \cdot \text{s}$$

التفكير الناقد

58. طاقة تنشيط التفاعل الطردِيّ أكبر من طاقة تنشيط التفاعل العكسيّ.

59. تمثّل المساحة الأكبر تظليلاً تحت منحى الحرارة الأعلى، وتدلّ T2 على أنّ عدد التصادمات الحادثة في أثناء التفاعل أكبر.

60. يجب أن تشير بيانات الطلبة إلى أن التغيّر في السرعة الابتدائية للتفاعل يتناسب مع مربع التغيّر في تركيز المادّة المتفاعلة X.

61. ازداد عدد التصادمات بين A و B من 4 إلى 8 أي ما يساوي الضعف، وبما أن سرعة التفاعل تعتمد على عدد التصادمات، فستتضاعف السرعة على الأرجح.

62. زيادة درجة الحرارة بمقدار 10K، يزيد من معدل سرعة تفاعل الجسيمات، وعليه تزداد وتيرة التصادمات، وبالإضافة إلى ذلك يزداد عدد التصادمات التي تمتلك طاقة كافية؛ لتكوين المعقد المنشط بمقدار الضعف في معظم الأحيان.

63. يجب أن يشمل الجدول مجموعات التجارب التي تمّ خلالها تثبيت تراكيز المادّتين المتفاعلتين، في حين تم تغيير تركيز المادّة المتفاعلة الثالثة، ويجب أن تجرى أربع محاولات من التجارب للتفاعلات الثلاثة طلباً للدقة.

مسألة تحدّ

64. 1.18 g

مراجعة تراكمية

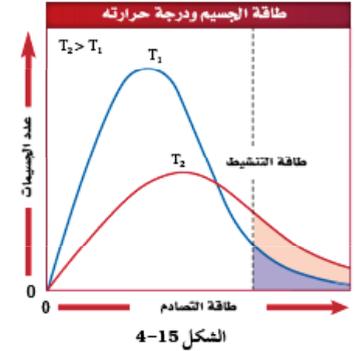
65. 41.4 g من FeCl₃.

66. مولارية المحلول، وثابت الارتفاع في درجة غليان البنزين.

67. التفاعل طارد للطاقة؛ لأنّ ΔH سالبة. طاقة المادّ المتفاعلة أعلى من الناتجة.

التفكير الناقد

58. تأمل مخطط الطاقة لتفاعل ماص للطاقة، مكوّن من خطوة واحدة، ثم قارن ارتفاع طاقة التنشيط للتفاعل الطردِيّ والتفاعل العكسيّ.



59. ميّز بين المناطق المظللة في الشكل 15-4 عند درجتي الحرارة T₁ و T₂ بالاعتداد على عدد الاصطدامات التي تحدث في وحدة الزمن والتي لها طاقة أكبر من أو تساوي طاقة التنشيط.

60. طبق طريقة السرعة الابتدائية لتحديد رتبة التفاعل الكيميائي بالنسبة للمادّة المتفاعلة X. اكتب مجموعة من البيانات التجريبية الافتراضية التي تقود إلى الاستنتاج أن التفاعل من الرتبة الثانية بالنسبة للمادّة X.

61. بناءً على مخطط بين جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئين من المادّة المتفاعلة A، وجزيئين من المادّة المتفاعلة B. زد عدد جزيئات A من 2 إلى 4، ثم ارسم جميع احتمالات تصادمات ما مقدار الزيادة في متوسط التصادم؟ وعلام يدل ذلك فيما يتعلق بسرعة التفاعل؟

62. طبق نظرية التصادم لتفسير سببين لماذا تؤدي الزيادة في درجة حرارة التفاعل بمقدار 10K غالباً إلى مضاعفة سرعة التفاعل.

63. صمّم جدولاً لكتابة تراكيز المواد المتفاعلة في المعادلة التالية، مبتدئاً بـ 0.100 M لكل المتفاعلات، ثم حدّد قانون سرعة التفاعل باستعمل طريقة السرعات الابتدائية:
نواتج → aA + bB + cD

مسألة تحدّ

64. الهيدروكربونات يتحول البروبان الحلقي C₃H₆ عند تسخينه إلى بروبيين و CH₂=CHCH₃. فإذا علمت أن سرعة التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للبروبان الحلقي، وكان ثابت السرعة عند درجة حرارة معينة يساوي 6.22 × 10⁻⁴ s⁻¹ وثبت تركيز البروبان الحلقي عند 0.0300 mol/l، فما كتلة البروبان الناتجة خلال 10.0 min في حجم مقداره 2.50 L؟

مراجعة تراكمية

65. ما كتلة كلوريد الحديد III اللازمة لتحضير 1.00 L من محلول تركيزه 0.225 M؟

66. ما المعلومات الضرورية الواجب معرفتها لحساب الارتفاع في درجة غليان محلول الهكسان في البنزين؟

67. إذا كانت قيمة ΔH لتفاعل ما سالبة، فقارن بين طاقة المواد الناتجة وطاقة المواد المتفاعلة. وهل التفاعل ماص للطاقة أم طارد لها؟

70. ما متوسط سرعة التفاعل في أول 22.3 s معبراً عنها بوحدة (mol/l.s)؟

71. ما متوسط سرعة تفاعل الفينولفتالين عندما ينخفض تركيزه من 0.0050 M إلى 0.00015 M ؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

68. الأدوية تُصنّف انتشار مرض الأنفلونزا في بلد ما. ولحسن الحظ قام العلماء مؤخراً باكتشاف محفز جديد يزيد من سرعة إنتاج دواء فعال ضد هذا المرض. اكتب مقالا صحفياً يصف كيفية عمل هذا المحفز على أن يشمل المقال مخطط الطاقة في التفاعلات التي تحدث، وشرحاً مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

69. الاهتمام بالحيوية اكتب إعلاناً يوضح أن أسمدة الشركة (A) أفضل من أسمدة الشركة (B)، لأن حبيبات أسمدتها صغيرة الحجم، وضمن الإعلان مخططاً قابلاً للتطبيق.

أسئلة المستندات

الكواشف الكيميائية يستعمل كاشف كيميائي (الفينولفتالين) للكشف عن القواعد. تبين بيانات الجدول 4-5 انخفاض تركيز الفينولفتالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول الفينولفتالين ذا التركيز 0.0050 M إلى محلول مركز من مادة قاعدية تركيزها 0.6 M.

الجدول 4-5 التفاعل بين الفينولفتالين وكمية فائضة من مادة قاعدية.

الزمن (s)	تركيز الفينولفتالين (M)
0.0	0.0050
22.3	0.0040
91.6	0.0020
160.9	0.0010
230.3	0.00050
350.7	0.00015

تم الحصول على البيانات من: شبكة بوند للإبحاث، 2006، "حركية الكيمياء".

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

68. ستتنوع الإجابات، غير أنها يجب أن تتضمن وصفاً لطريقة عمل المحفزات، ومخطط الطاقة للتفاعل، ووصفاً مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

69. يتعين على الطلبة أن يلاحظوا أن مساحة السطح الكبيرة التي توفرها الحبيبات الصغيرة تزيد من سرعة توزيع المادة المغذية في التربة.

أسئلة المستندات

$$R = 4.5 \times 10^{-5} \text{ mol / (l.s)} \quad .70$$

$$R = 2.9 \times 10^{-6} \text{ mol / (l.s)} \quad .71$$

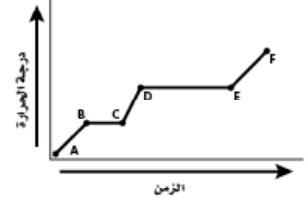
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. جميع الإجابات حول سرعة التفاعل الكيميائي صحيحة ما عدا:

- السرعة التي يحدث بها التفاعل.
- التغير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.
- التغير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.
- كمية المواد الناتجة المتكونة في كل فترة زمنية.

استعمل الرسم البياني للإجابة عن السؤالين: 2 و 3.



2. خلال أي مرحلة تبدأ المادة في الانصهار؟

- AB
- BC
- CD
- DE

3. أي الإجابات صحيحة بالنسبة للمادة عند تسخينها من النقطة C إلى النقطة D.

- تزداد طاقة الوضع، وتقل طاقة الحركة.
- تزداد طاقة الوضع وتزداد طاقة الحركة.
- تزداد طاقة الحركة، وتبقى طاقة الوضع ثابتة.
- تقل طاقة الوضع، وتبقى طاقة الحركة ثابتة.

4. ما حجم الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 ml من محلول قياسي تركيزه 0.050 M لتخفيفه إلى محلول تركيزه 0.020 M؟

- 15 ml
- 9.0 ml
- 6.0 ml
- 2.4 ml

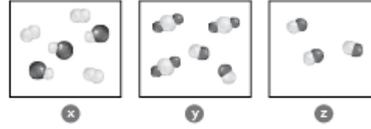
5. أي الوحدات لا تستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

- M/min
- L/s
- mol/ml·h
- mol/l·min

6. أي أنواع القوى بين الجزيئية الأتية يعتبر الأخرى؟

- الرابطة الأيونية.
- قوى ثنائية القطب.
- قوى التشتت.
- الرابطة الهيدروجينية.

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و 8



7. أي العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

- x
- y
- z
- كل من x و y

8. أي العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنسيوم؟

- x
- y
- z
- كل من x و y

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل البيانات الآتية للإجابة عن السؤال 9.

يتأين الحمض H_3A في ثلاث خطوات	
$R = k_1[A_2H]$ $k_1 = 3.2 \times 10^2 s^{-1}$	$H_3A(aq) \rightarrow H_2A^-(aq) + H^+(aq)$
$R = k_2[H_2A^-]$ $k_2 = 1.5 \times 10^2 s^{-1}$	$H_2A^-(aq) \rightarrow HA^{2-}(aq) + H^+(aq)$
$R = k_3[HA^{2-}]$ $k_3 = 0.8 \times 10^2 s^{-1}$	$HA^{2-}(aq) \rightarrow A^{3-}(aq) + H^+(aq)$
التفاعل الكلي: $H_3A_{(aq)} \rightarrow A^{3-}_{(aq)} + 3H^+_{(aq)}$	

9. إذا كان تراكيز المواد المتفاعلة:

$$[H_3A] = 0.100M, [H_2A^-] = 0.500M$$

$$[HA^{2-}] = 0.200M$$

للتفاعل؟ اشرح كيف توصلت إلى ذلك.

الاختبار المقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. d

2. b

3. c

4. b

5. b

6. a

7. c

8. b

أسئلة الإجابات القصيرة

9. استخدم قانون سرعة التفاعل، وقيم k المعطاة، لإيجاد

سرعة كل خطوة، وبما أن الخطوة رقم 3 لها أقل قيمة

سرعة، فإنها تُعدُّ الخطوة المحددة لسرعة التفاعل



الفصل 5

الاتزان الكيميائي

الفكرة العامة تصل الكثير من التفاعلات والعمليات إلى حالة من الاتزان الكيميائي، حيث تتكون كل من المواد المتفاعلة والنواتج بسرعات متساوية.

5-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسية يوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان، الذي يربط تراكيز المواد المتفاعلة والنواتج.

5-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسية عندما تطرأ تغييرات في نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.

5-3 استعمال ثوابت الاتزان

الفكرة الرئيسية يمكن استعمال تعابير ثوابت الاتزان في حساب تراكيز المواد وذوبانيتها.

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 5 / الاتزان الكيميائي (9 حصص)

البند	5-1	5-2	5-3	التقويم
عدد الحصص	3	2	3	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المخبرية
<p>5-1 حالة الاتزان الديناميكي</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. يعدّد خواص الاتزان الكيميائي. 2. يكتب تعابير الاتزان للأنظمة المتزنة. 3. يحسب ثوابت الاتزان من بيانات التركيز. 	<p>متابعة التقدم التقويم البنائي، ص 127، 131، 133، 135، 137، 138 ماذا قرأت؟ ص 137 تقويم البند، ص 138</p>	<p>نشاط استهلاكي ص 125: مخبار مدرج، كأس 100 ml، ملوّنات طعام، ماء، أنابيب زجاجية بأقطار متساوية.</p> <p>الزمن المقدر: 15 دقيقة</p> <p>عرض توضيحي ص 126:</p> <p>حوضان زجاجيان، دورق سعة 250 ml، دورق سعة 600 ml</p> <p>عرض عملي ص 134:</p> <p>دورق، ماء.</p>
<p>5-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. يصف العوامل المتعددة التي تؤثر في الاتزان الكيميائي. 2. يفسر كيف يطبق مبدأ لو تشاتلييه على أنظمة في حالة الاتزان. 	<p>متابعة التقدم التقويم البنائي، ص 141، 142، 143 ماذا قرأت؟ ص 141 تقويم البند، ص 145</p>	<p>عرض توضيحي ص 140: 0.1 M من بلورات CoCl_2، HCl مركزز، ماء، أسيتون، مخبار مدرج سعة 100 ml.</p> <p>الزمن المقدر: 15 دقيقة</p> <p>المختبر الصغير ص 144:</p> <p>محلول 0.1M HCl، محلول كلوريد الكوبلت، أنابيب اختبار.</p>
<p>5-3 استعمال ثوابت الاتزان</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. يحدد تراكيز الاتزان للمتفاعلات والنواتج. 2. يحسب ذوبانية مركب من ثابت الذوبانية للناتج. 3. يفسر تأثير الأيون المشترك. 	<p>متابعة التقدم التقويم البنائي، ص 146، 147، 148، 151، 152، 154، 155 ماذا قرأت؟ ص 152 تقويم البند، ص 156</p> <p>تقويم ختامي تقويم الفصل، ص 160</p>	<p>عرض عملي ص 154:</p> <p>HCl مركزز، أنابيب اختبار، هيدروكسيد الصوديوم، كلوريد الصوديوم.</p> <p>مختبر الكيمياء ص 158: محلول AgNO_3، محلول NaCl، محلول Na_2S، طبق تفاعلات بلاستيكي ذو 24 فجوة، ثلاث قطارات نحيفة الساق.</p> <p>الزمن المقدر: 30 دقيقة</p>

الفكرة العامة تصل الكثير من التفاعلات والعمليات إلى حالة من الاتزان الكيمياء، حيث تتكون كل من المواد المتفاعلة والناجحة بسرعات متساوية.

5-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسية يوصف الاتزان الكيمياء بتعبير ثابت الاتزان، الذي يربط تراكيز المواد المتفاعلة والناجحة.

5-2 النوازل المؤثرة في الاتزان الكيمياء

الفكرة الرئيسية عندما تطرأ تغيرات في نظام متزن يزاح إلى موضع اتزان جديد.

5-3 استعمال ثوابت الاتزان

الفكرة الرئيسية يمكن استعمال تعابير ثوابت الاتزان في حساب تراكيز المواد وذوائبها.

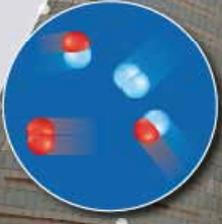
حقائق كيمياء

- يتسبب استعمال السيارات في تلويث الهواء أكثر من أي نشاط إنساني آخر.
- لقد ساهمت المحولات المحفزة والتغيرات الناجمة عن إضافة بعض المواد إلى الجازولين في جعل السيارات أنظف 40% مما كانت عليه قبل عقد من الزمن.

من عوالت الضباب: $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$



من الغازات العادمة التي تخرج من المحرك: $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$



الفكرة العامة

التفاعلات الإنعكاسية

لبدء تقديم الفكرة العامة، اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة تفاعل ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين الموزونة لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت.



ثم اطلب إليهم كتابة معادلة تحلل ثالث أكسيد الكبريت إلى: ثاني أكسيد الكبريت والأكسجين.



واسألهم: كيف يرتبط التفاعلات؟ **التفاعل الثاني يمثل معكوس التفاعل الأول.** اشرح لهم أنه يُطلق على التفاعلات التي تحدث في الاتجاهين الطردية والعكسي اسم التفاعلات الإنعكاسية. ويمكن للتفاعلات الطردية والعكسية أن تحدث بسرعات متساوية وتسمى عندها بالاتزان الكيمياء.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل: التفاعلات الكيمياء، ومعادلات التفاعلات الكيمياء. سرعة التفاعل، وقوانين سرعة التفاعل.

استعمال الصورة

اتزان التفاعل

وجّه تركيز الطلبة إلى البقعة البنية في الصورة الافتتاحية للفصل والمعادلتين: $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ و $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ ، و اشرح لهم أن دور التفاعلين في تكوين خليط من الضباب والدخان smog، واسألهم: أين توجد المواد المتفاعلة في المعادلة الأولى؟ **يكون غازا الأكسجين والنتروجين الجزء الأكبر من الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض.** واسأل أيضاً: لماذا يتكوّن هذا الخليط داخل المدن التي بها أو حولها حركة كثيرة للسيارات؟ **يحدث التفاعل الأول عندما يسخن**

غازا النتروجين والأكسجين الموجودان في الهواء إلى درجة حرارة عالية، كما يحصل في محركات السيارات. و اشرح لهم أن العديد من التفاعلات الكيمياء تحدث في اتجاهين: طردية وعكسي، وأنه يمكن أن يوجد التفاعلات في شكل متوازن يسمى حالة الاتزان.

نشاط استهلاكي

الهدف أن يكتشف الطلبة أن الاتزان لا يعني كميات متساوية من المواد المتفاعلة والناجحة.

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

التخلص من النفايات يمكن التخلص من مزيج فوق أكسيد الهيدروجين/ والخميرة بسكبه في المغسلة متبوعاً بكميات كبيرة من الماء.

استراتيجيات التدريس

- يجب أن يكون الأنبوبان الزجاجيان أطول من المخبر المدرج ولهما قياس القطر الداخلي نفسه.
- اعرض كيفية نقل الماء من الدورق إلى المخبر المدرج وبالعكس. ويمكن لطلابين القيام بهذا العمل في وقت واحد.
- اطلب إلى الطلبة كتابة ملاحظاتهم على تقرير المختبر أو في دفاترهم.

النتائج المتوقعة في البدء، يكون ارتفاع 20 ml من الماء في المخبر المدرج أكبر من ارتفاع 20 ml منه في الدورق، ونتيجة لذلك، يصل ارتفاع الماء في الأنبوب الزجاجي الموضوع داخل المخبر المدرج إلى ارتفاع أكبر من أنبوب القياس الموضوع في الدورق. ومع مرور الوقت يتساوى الارتفاعان، ويصلان في النهاية إلى 30 ml في الكأس و 10 ml في أسطوانة القياس.

نشاط استهلاكي

ما التساوي في الاتزان؟

الاتزان هو نقطة توازن تلغي عندها التغييرات المتعارضة بعضها بعضاً.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. قم بقياس 20 ml من الماء في مخبر مدرج وأفرغها في كأس زجاجي مدرج سعته 100 ml. ثم املاً المخبر المدرج بالماء إلى 20 ml وأخفف نقطتين من ملون الطعام إلى الماء في كل من الكأس والمخبر المدرج.
3. أحضر أنبوبين زجاجيين مفتوحين الطرفين لهما القطر نفسه.
4. بمساعدة زميلك بالعمل، اغمر أحد الأنبوب في الماء الملون في الكأس والآخر في الماء الملون في المخبر المدرج، وعند ارتفاع الماء الملون في الأنبوب يغلّق كل منكما الطرف العلوي للأنبوب بسبابته وينقل محتوياته إلى وعاء الأخر.
5. كرر عملية النقل 25 مرة. سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

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 أنابيب زجاجية بأقطار مختلفة؟ فسر ذلك.

المطويات
منفذ الأضواء

التغييرات المؤشرة في الاتزان تم بعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تنظيم المعلومات عن العوامل المؤثرة في الاتزان

خطوة 1

اطور ورقة إلى ثلاثة أقسام أفقيًا.



خطوة 2

ثم اطو الجزء العلوي إلى أسفل 2 cm.



خطوة 3

افتح الورقة، ثم ارسم خطوطاً على حدود الطيات وعنون الأعمدة: التغيير في التركيز، التغيير في الحجم والضغط، التغيير في درجة الحرارة.



المطويات

استعمل هذه المطوية في البند 2-5، ولخص ما تعلمته عن كيف تؤثر التغييرات في اتزان النظام، مستعملاً المعادلات.



تحليل النتائج

1. مع استمرار عمليات النقل يرتفع منسوب المياه في الدورق، في حين ينخفض منسوبها في المخبر حتى يتساويا. ويمكن لأنبوب المخبر نقل ماء أكثر من الأنبوب الموجود في الدورق؛ نظراً للعمق الماء في المخبر عنه في الدورق.

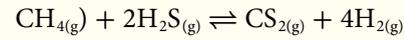
2. عندما تتساوى مستويات الماء، تكون كمية المياه المنقولة من الدورق مساوية للكمية المنقولة من المخبر، وعليه فلا يحدث أي تغيير إضافي في مستويات الماء.

استقصاء لا، يجب أن تعتمد كمية الماء المنقول فقط على ارتفاع الماء في الوعاء الذي أخذت منه. وإذا اختلفت أقطار الأنبوب ستعتمد كمية الماء المنقول في كل مرة على قطر الأنبوب المستعمل.

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

أهمية ثابت الاتزان اكتب معادلة التفاعل الإنعكاسي على السبورة، ووضح أن الميثان CH_4 وكبريتيد الهيدروجين H_2S مكوّنان للغاز الطبيعي.



ثم اعمل مع الطلبة لمساعدتهم على كتابة ثابت الاتزان،

$$K = \frac{[CS_2][H_2]^4}{[CH_4][H_2S]^2}$$

وفسر لهم أن $k = 0.036$ عند درجة حرارة $960^\circ C$ ، واطلب إليهم توضيح السبب في أن إبقاء الغاز الطبيعي عند درجة الحرارة المذكورة لا يعدّ طريقة جيدة للتحقق من احتواء المزيج عند الاتزان على كمية كبيرة من الهيدروجين. تعني قيمة K الصغيرة أن مزيج الاتزان الباقي عند هذه الحرارة سيحتوي على كميات صغيرة من المادة الناتجة التي تتضمن غاز الهيدروجين.

2. التدريس

الخلفية النظرية للمحتوى

قانون فعل الكتلة يُسمى قانون الاتزان الكيميائي بقانون فعل الكتلة. وكان العالمان كاتو جولد بروج، وبيتر واج العاملان في جامعة أوصلو في ذلك الوقت، قد اقترحا هذا القانون لأول مرة في عام 1864م. وينطبق قانون فعل الكتلة على نظام مغلق حيث لا تنتقل الطاقة أو الكتلة إلى داخل النظام أو خارجه، وتكون التغييرات في داخل النظام مستمرة لكن لا يوجد تغير كلي يمثل حالة الاتزان.

عرض توضيحي

نموذج للاتزان

الهدف

نموذج نظام في حالة اتزان

المواد والأدوات اللازمة

حوضان زجاجيان، دورق سعة 250 ml ، دورق سعة 600 ml .

احتياطات السلامة

أطلع الطلبة على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

التخلص من النفايات اسكب المياه في المغسلة.

خطوات العمل

اطلب إلى اثنين من الطلبة التطوع للعمل معك على أن يبقى سائر

الأهداف

تعمّد خواص الاتزان الكيميائي.
تكتب تعابير الاتزان الكيميائي للأنظمة المتزنة.

تسبب 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 الانعكاسي

الاتزان الكيميائي

قانون الاتزان الكيميائي

ثابت الاتزان

الاتزان المتجانس

الاتزان غير المتجانس

حالة الاتزان الديناميكي

A State of Dynamic Balance

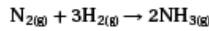
الفكرة الرئيسية يوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان، الذي يربط تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

الربط مع الحياة تخيل شد الحبل بين فريقين. قد لا يبدو أن أيًا من الفريقين يسحب الآخر؛ لأن الحبل بينهما لا يتحرك، وفي الحقيقة، كلا الفريقين يسحب الآخر، ولكن القوة المبذولة من الفريقين متساوية ومتعاكسة، لذلك يكونان في حالة اتزان.

الاتزان Equilibrium

في كثير من الأحيان، تصل التفاعلات الكيميائية إلى نقطة اتزان أو توازن. إن كنت قد قمت بعمل النشاط الاستهلاكي فسجد 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 والهيدروجين الآتي:



للأمونيا أهمية كبيرة في الزراعة؛ حيث تستعمل سبباً ومادة إضافية في حبوب أطعمة الحيوانات. وفي الصناعة تمثل الأمونيا مادة خامًا في صناعة الكثير من المنتجات، مثل النايلون، كما يظهر في الشكل 5-1.

تفاعل تحضير الأمونيا يحدث تلقائيًا في الظروف القياسية (درجة حرارة 298 k وضغط جوي 1atm)، ولكن التفاعلات التلقائية ليست دائمًا سريعة. فعند عمل هذا التفاعل في الظروف القياسية، تتكون الأمونيا ببطء شديد. ولإنتاج الأمونيا بسرعة عملية يجب إجراء التفاعل في درجات حرارة أعلى وضغط أكبر.



الشكل 5-1 تفاعل الأمونيا مع نهايتي جزئي مكون من 6 ذرات كربون، لتكون 6.1 - ثنائي أمينومكسان. تمثل هذه إحدى خطوات تكوّن بوليستر النايلون. وتظهر الصورة لف ألياف النايلون على ملفات 6 التي تستعمل في صناعة الإطارات.

الطلبة يشاهدون العرض. واملأ حوضي المياه بارتفاعات مختلفة من الماء، واطلب إلى الطالب الأول نقل الماء من الحوض 1 إلى الحوض 2 بواسطة دورق سعة 250 ml، وفي الوقت نفسه اطلب إلى الطالب الثاني نقل الماء من الحوض 2 إلى الحوض 1 بواسطة دورق سعة 600 ml، واطلب إليهما تكرار العملية حتى يتساوى منسوب المياه في الحوضين.

النتائج

لقد تم الوصول إلى حالة الاتزان، وسيحتوي أحد الوعاءين على ماء أكثر من الآخر، وذلك عندما ينقل الدورق ذو السعة 600 ml غير الممتلئ، كمية الماء نفسها التي ينقلها الدورق ذو سعة 250 ml.

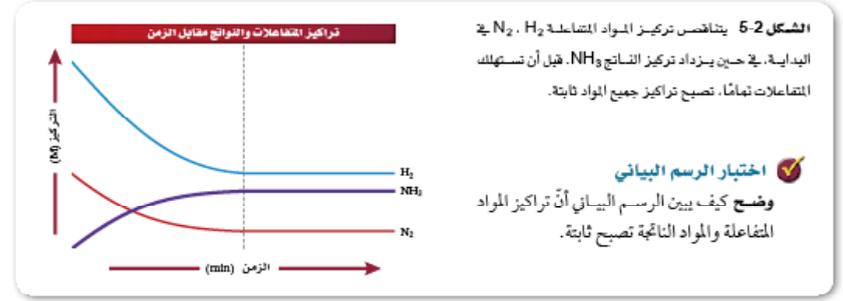
التعلم البصري

الشكل 2-5 ساعد الطلبة كيف يدركون ارتباط الرسم البياني بمعادلة إنتاج الأمونيا، مستعيناً بذلك على تقديم فكرة التفاعلات الانعكاسية. اطلب إليهم النظر إلى المحورين السيني والصادي، واسأل: ما الذي تغير مع الوقت؟ **تركيز المواد المتفاعلة والناجمة.** ثم اسأل: ما الكميات التي تناقصت والكميات التي تزايدت؟ **تناقص تركيز H_2 و N_2 ، في حين تزايد تركيز NH_3 .** واسأل أيضاً: هل تركيز H_2 و N_2 ، على الجانب الأيسر من المعادلة يتناقص بالسرعة نفسها أم لا؟ **يتناقص تركيز H_2 بشكل أسرع من N_2 .** ثم اكتب معادلة التفاعل على السبورة، واسأل: هل تتفق المعادلة مع إجاباتهم؟ نعم، حيث تظهر المعادلة تفاعل ثلاثة مولات من H_2 مقابل كل مول من N_2 ، لذا تستهلك ثلاثة مولات من H_2 مقابل كل مول من N_2 . واسأل: ماذا يحدث لتركيز NH_3 ؟ **يزداد تركيز NH_3 .** واسأل أيضاً: ماذا يحدث على الطرف الأيمن من الخط العمودي المنقط؟ **لا تستمر تراكيز N_2 ، NH_3 و H_2 في التغير.** اطلب إلى الطلبة كتابة استدلالاتهم من الملاحظات. توقف التفاعل. اسأل: هل تم استهلاك H_2 و N_2 كلياً؟ لا؛ لأن تراكيز المادتين لم تصبح صفراً. **ض م**

■ **إجابة سؤال الرسم البياني** يميل منحني المواد المتفاعلة على الطرف الأيسر إلى الأسفل حيث يتم استهلاكها، في حين يميل منحني المواد الناتجة إلى الأعلى لأنها في مرحلة التكوّن، أما على الطرف الأيمن، فإن ميل المنحنى (المواد المتفاعلة والمواد الناتجة) جميعها يساوي صفراً، مما يعني عدم وجود أي زيادة أو نقصان.

التقويم

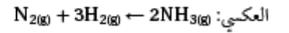
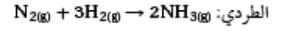
المعرفة اطلب إلى الطلبة وصف أوجه التشابه بين الماء عند الاتزان، والمواد المتفاعلة والناجمة في نظام متزن. **تماماً كما ان كميات الماء في الحوضين غير متساوية عند الاتزان، فإن كميات المواد المتفاعلة والناجمة تكون غير متساوية أيضاً.** ويلزم للوصول إلى حالة الاتزان ان تتساوى سرعتي التفاعل في الاتجاهين الطردى والعكسي. **ض م**



ماذا يحدث عندما يوضع 1 mol من النيتروجين مع 3 mol من الهيدروجين في وعاء مغلق للتفاعل عند حرارة 723 K؟ سوف يتفاعل النيتروجين والهيدروجين تلقائياً. يوضح الشكل 2-5 سير التفاعل. لاحظ أن تركيز الأمونيا NH_3 الناتجة يساوي صفراً في البداية، ويزداد مع الوقت، وأن التفاعلات H_2 و N_2 تستهلك مع الوقت، لذلك يقل تركيزها تدريجياً. وبعد مرور فترة من الزمن لا تتغير تراكيز NH_3 و N_2 و H_2 أي تصبح جميع التراكيز ثابتة - كما هو موضح في الخطوط الأفقية في الجانب الأيمن من الرسم البياني. لاحظ أن تراكيز H_2 و N_2 لا تساوي صفراً، وهذا يعني أنه لم يتم تحويل كامل التفاعلات إلى النواتج.

■ **اختبار الرسم البياني** صف ميل منحني كل من الهيدروجين والنيتروجين والأمونيا في الطرف الأيسر من الرسم البياني. كيف يختلف ميل كل منحني في الطرف الأيسر عن ميله في الطرف الأيمن من الرسم؟

التفاعلات الانعكاسية والاتزان الكيميائي عندما تتحول التفاعلات بالكامل إلى نواتج يصف العلماء التفاعل بأنه مكتمل، غير أنّ معظم التفاعلات لا تكتمل، بل تظهر وكأنها توقفت، لأنها انعكاسية. **التفاعل الانعكاسي** هو التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الاتجاهين الطردى والعكسي.



يدمج الكيميائيون المعادلتين في معادلة واحدة يستعمل فيها السهم الثنائي ليشير إلى اتجاهي التفاعلين. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

توجد التفاعلات للتفاعل الطردى على الجهة اليسرى من الأسهم، في حين تكون التفاعلات للتفاعل العكسي في الجهة اليمنى من الأسهم. في التفاعل الطردى يتحد النيتروجين والهيدروجين لتكوين الأمونيا، أما في التفاعل العكسي فتحلل الأمونيا لتكوّن كلا من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين.

التحليل

اطرح الأسئلة الآتية:

1. ما الذي كنت تتوقع حدوثه قبل بدء عملية النقل، مع استمرار العملية؟ **قيام الطالب الذي يستعمل الدورق ذا السعة 600 ml بإفراغ الوعاء.**
2. لماذا لم يتحقق توقعك؟ **أصبحت مستويات الماء مستقرة دون تغير عندما أصبح الدورق غير الممتلئ تماماً ذو سعة 600 ml، ينقل كمية من المياه تساوي ما ينقله الدورق ذو سعة 250 ml.**
3. هل تساوت مستويات المياه في الحوضين عندما أصبحت هذه المستويات ثابتة؟ **لا.**

التعلم البصري

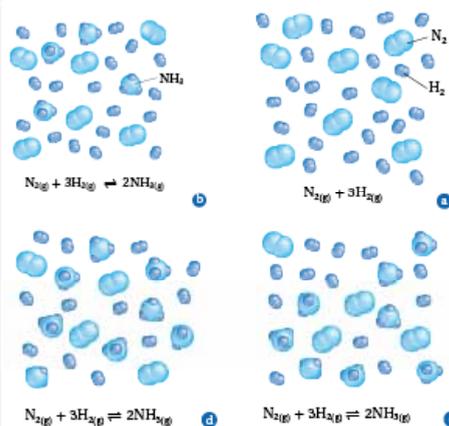
الجدول 5-3 اطلب إلى الطلبة تفسير زيادة عدد جزيئات الأمونيا بدءاً من الشكل 5-3a ووصولاً إلى 5-3c، في حين نقص عدد جزيئات الهيدروجين والنتروجين. **نتج الأمونيا من التفاعل الذي يستنفد كلاً من الهيدروجين والنتروجين.** اسأل: ماذا يحدث لكميات المواد الثلاث مع استمرار حدوث التفاعل من الشكل 5-3c إلى 5-3d؟ **تبقى ثابتة.** ووضح لهم أن هذا الثبات لا يعني توقف التفاعل، بل بسبب تحقق حالة من الاتزان. **ضم**

التعزيز

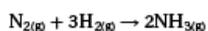
التركيز وضح للطلبة أنه على الرغم من وصول نظام الهيدروجين - النتروجين - الأمونيا إلى حالة الاتزان، إلا أن كميات المواد الثلاث وتراكيزها غير متساوية عند الاتزان

■ إجابة سؤال الشكل 5-3

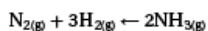
- توجد المواد المتفاعلة فقط.
- يوجد أكثر من جزئي أمونيا، لذا يمكنها التفاعل في الاتجاه العكسي. يتساوى عدد جزيئات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في c و d، لذا يتحقق الاتزان.



كيف يؤثر التفاعل الانعكاسي على إنتاج الأمونيا؟ يوضح الشكل 5-3a بدء تفاعل مزيج من الهيدروجين والنتروجين بسرعة أولية محددة. ولا توجد أي كمية ناتجة عن الأمونيا، وهذا يعني أن ما يحدث هو التفاعل الطردي فقط.



يقل تركيز كل من الهيدروجين والنتروجين في أثناء المهادهما لتكوين الأمونيا، كما هو موضح في الشكل 5-3b. وتذكر مما درست سابقاً أن سرعة التفاعل الكيميائي تعتمد على تراكيز المتفاعلات؛ إذ يسبب نقص تراكيز المتفاعلات إبطاء سرعة التفاعل الطردي. وفي هذا التفاعل، بمجرد أن تنتج الأمونيا، يحدث التفاعل العكسي ببطء ثم تزداد سرعته مع زيادة تركيزها.



وفي أثناء سير التفاعل تستمر سرعة التفاعل الطردي في النقصان، وتستمر سرعة التفاعل العكسي في الزيادة حتى تتساوى السرعتان. عند هذه النقطة تتكون الأمونيا بنفس السرعة التي تتحلل بها، لذلك تبقى تراكيز N_2 و H_2 و NH_3 ثابتة كما هو موضح في الشكلين 5-3c، 5-3d، ويكون النظام عندها قد وصل إلى حالة الاتزان.

يعني مفهوم الاتزان أن العمليات الانعكاسية تتزن، ولذا يعرف **الاتزان الكيميائي** بأنه الحالة التي يوازن فيها التفاعل الطردي والعكسي أحدهما الآخر؛ لأنها يحدثان بالسرعة نفسها.

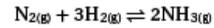
معدل سرعة التفاعل الطردي = معدل سرعة التفاعل العكسي

دفتر الكيمياء

قانون فعل الكتلة اطلب إلى الطلبة وصف كيف تم تكوين تعابير

ثابت الاتزان من قانون فعل الكتلة، وتدوين ذلك في دفاترهم. **ف م**

يمكنك معرفة أن تفاعل تكوّن الأمونيا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي لأن معادلته كتبت بسهم مزدوج كما يأتي:



عند الاتزان، تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناجثة ثابتة، كما يظهر في الشكلين 5-3c و 5-3d، لكن هذا لا يعني أن كميات أو تراكيز المتفاعلات والنواتج متساوية. فهذه الحالة نادرة الحدوث.

ماذا قرأت؟ هسر معنى السهم المزدوج في المعادلات الكيميائية.

الربط الفيزياء الطبيعية الديناميكية للاتزان

يمثل كل من الدفع أو السحب المؤثر في جسم ما قوة. فأنت تبذل قوة عندما تدفع الباب أو تسحب مقعدك من مكانه. إذا أثرت قوتان أو أكثر في الجسم نفسه وفي الاتجاه نفسه فإن القوى تضاف معاً. وتطرح إحدى القوى من الأخرى إذا كانتا في اتجاهين متعاكسين. لهذا في لعبة شد الحبل عندما يسحب الفريقان الحبل بقوة متساوية تنتج قوة مقدارها صفر، فلا يتحرك الحبل، ويُوصف النظام بأنه في حالة اتزان. وبالمثل، في الشكل 5-4a فالأشخاص الذين يلعبون لعبة التوازن (السيسو) يمثلون نظاماً متزاناً؛ إذ تسمى القوى المتعكسة على لعبة التوازن (السيسو) بالقوى المتوازنة، أما إذا كانت واحدة من هذه القوى أكبر من الأخرى فإن القوة المحصلة تكون أكبر من صفر وتسمى القوى غير المتوازنة. وتسبب القوى غير المتوازنة تسارع الجسم، كما يحدث في الشكل 5-4b.

ماذا قرأت؟
يعني السهم المزدوج أن التفاعل في حالة اتزان، وأن التفاعلين الطردوي والعكسي يحدثان بسرعات متساوية.

إجابة سؤال الشكل 4-5

عندما يكون التفاعل في حالة اتزان، تتساوى سرعة التفاعلين الطردوي والعكسي تماماً مثل تساوي القوى المؤثرة في لعبة السيسو. وتكون القوى متوازنة فلا يحدث أي تغير. لكن عند اضطراب الاتزان يبدأ التفاعل من جديد للوصول إلى حالة اتزان جديدة.

تطوير المفهوم

الاتزان الديناميكي ساعد الطلبة على فهم الطبيعة الديناميكية للاتزان من خلال المثال الآتي: ارسم على السبورة جسراً يصل بين مدينتين في إحداهما 10000 سيارة، وفي الأخرى 50000 سيارة. وارسم سهمين متساويين طولاً ومتعاكسين اتجاهًا نحو أعلى الجسر وأسفله، واكتب على كل منهما 500 سيارة في الساعة. والفت الانتباه إلى أنه تم الوصول إلى حالة من الاتزان بحيث يتساوى عدد السيارات العابرة للجسر من الاتجاه الأول مع عدد السيارات القادمة من الاتجاه المعاكس. ووضح أنه ليس ضرورياً أن يتساوى عدد السيارات في المدينتين.

الشكل 4-5

a: تكون جميع القوى في توازن لذلك لا يتحرك موقع لعبة التوازن (السيسو).

b: تتسبب القوى غير المتوازنة في الجهة اليسرى بغير موقع لعبة التوازن (السيسو).

وضح كيف تحاكي لعبة التوازن (السيسو) والاتزان الكيميائي.



طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى وضح طبيعة الاتزان الديناميكي للطلبة عن طريق وصف الحالة الآتية: يجدف شخص في قارب نحو أحد طرفي النهر بالسرعة نفسها التي يدفع بها التيار القارب نحو الطرف الآخر للنهر. وضح للطلبة أن القارب لا يتحرك بالنسبة لضفتي النهر، لكنه في حالة اتزان ديناميكي فيزيائي **دم**



الشكل 5-5 افترض أن عددًا معينًا من الأشخاص محصورين في مبنى متصلين بممر يسمح للناس بالعبور ذهابًا وإيابًا بينهما. إن عدد الأشخاص في كل مبنى يبقى ثابتًا إذا كان عدد الأشخاص الذين يعبرون الجسر مساويًا لعدد الأشخاص الذين يعبرون في الاتجاه المعاكس. حدد هل يكون الأشخاص أنفسهم موجودين دومًا في المبنى نفسه؟ كيف تطبق إجابتك على الاتزان الكيميائي؟

يمكن تشبيه ما ورد في الشكل 5-5 بالطبيعة الديناميكية للاتزان الكيميائي عند وضع كميات متساوية من بلورات اليود في دورقين متصلين كما هو موضح في الشكل 6a - 5. يحتوي الدورق في الجهة اليسرى على جزيئات يود من النظير غير المشع I-127، ويحتوي الدورق في الجهة اليمنى جزيئات يود من النظير المشع I-131. تبين عدادات الإشعاع الفرق في مستويات الإشعاع في كل دورق. إذ يمثل كل دورق نظامًا مغلقًا، ومن ثم لا يمكن لأي من المتفاعلات أو النواتج أن تدخل أو تخرج من الدورق. فعند درجة حرارة 298 k وضغط 1 atm يحصل الاتزان في كلا الدورقين



في التفاعل الطردوي الذي يسمى التسامي، تتغير جزيئات اليود من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. وفي التفاعل المعاكس 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 - 5 يتقل بخار اليود بين الدورقين. بعد فترة من الزمن، تبين قراءات عدادات الإشعاع وجود عدد 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 حسب التفاعل الطردوي. وأن جزيئات اليود الغازية تتغير إلى الحالة الصلبة وفقًا للتفاعل العكسي. تؤثر القراءات الثابتة في عدادات الإشعاع أن الاتزان قد تحقق في الحجم الكلي في الدورقين.



في الشكل 6-5 a. تفصل جزيئات اليود المشع في الدورق الأيمن عن جزيئات اليود غير المشع في الدورق الأيسر. لاحظ قراءات عدادات الإشعاع. b. بعد فتح المحبس لفترة من الزمن. توضح قراءات عدادات الإشعاع وجود جزيئات مشعة في كلا الدورقين. لقد تحركت الجسيمات ذهابًا وإيابًا بين الدورقين وبين الحالتين الصلبة والغازية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد بعض الطلبة وجوب احتواء الأنظمة المتزنة على كميات متساوية من المواد المتفاعلة والناجمة.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة وصف نسبة كميات المواد المتفاعلة والناجمة في نظام متزن. فإذا كانت الإجابة 50% مواد متفاعلة و 50% مواد ناتجة، فإنهم يُظهرون بذلك المفاهيم الشائعة غير الصحيحة.

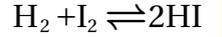
عرض المفهوم

اطلب إلى الطلبة تقدير تراكيز التوازن النسبية لكل من NH_3 H_2 N_2 المبينة في الشكل 2-5، واسأل إذا كانت التراكيز متساوية أم لا.

$1N_2: 4H_2: 3NH_3$ تقريبًا، لذا فهي ليست متساوية.

تقويم المعرفة الجديدة

ذكر الطلبة بأن قيمة ثابت الاتزان للنظام المتزن



عند درجة حرارة 731k هي 49.7. واسأل: ما قيمة K_{eq}

عندما تكون قيم التراكيز جميعها = 1.0M ؟ $K_{eq}=1.0$ ؟

ووضح لهم أن قيمة 49.7 تدل على وجود مواد ناتجة أكثر من

المتفاعلة في هذا النظام المتزن. **ض م**

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف البصر اطلب إلى طالبين أن يجلسا متقابلين على طرفي طاولة، ويضع كل منهما مرفقه الأيمن (أو الأيسر) على الطاولة، ثم يمسك كلاهما بيد زميله. واطلب إليها الدفع برفق وبقوة متساوية بحيث لا تتحرك أيديهما، واسأل: هل عدم الحركة يعني عدم وجود قوة مبدولة؟ لا، وضح أن القوى المتعاكسة يلغي بعضها بعضًا، ووضح تشابه ذلك الحدث مع حالة الاتزان. فالالاتزان هو الحالة التي لا تتغير عندها تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة؛ وذلك بسبب التفاعل العكسي الذي يحدث بالسرعة نفسها التي يحدث بها التفاعل الطردوي. **د م**

■ إجابة سؤال الشكل 5-5

إذا كان الناس يمشون ذهابًا وإيابًا، فسيكون عدد الأشخاص الموجودين في كل مبنى متغيرًا من لحظة إلى أخرى. وهذا ينطبق على التفاعل الكيميائي في حالة الاتزان؛ إذ قد تكون الذرات المكونة للنواتج في لحظة معينة جزءًا من المواد المتفاعلة في لحظة أخرى.



المعرفة اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة النظام المتزن الذي يعبر عنه ثابت الاتزان:

$$K_{eq} = [C]^2[D]/[A][B]^3$$



ضم

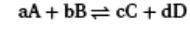
الرياضيات في الكيمياء

وحدات K_{eq} وضح للطلبة أنه على الرغم من أن الشائع رؤية قيمة K_{eq} دون وحدات، إلا أنه يمكن لشوابت الاتزان المبينة على التراكيز أن يكون لها وحدات أو لا يكون. وتلغي وحدات التركيز mol/l بعضها بعضاً عندما يتساوى مجموع أسس وحدات البسط مع مجموع أسس وحدات المقام مما يجعل K_{eq} بلا وحدة. أما إذا لم تكن المجاميع متساوية فمن المحتمل ظهور وحدات مثل mol/l و mol²/l². فمثلاً، وحدات K_{eq} في المعادلة: $K_{eq} = [C]^2[D]/[A][B]^3$ ، هي 1/mol.

تعابير الاتزان Equilibrium Expressions

لبعض الأنظمة الكيميائية ميل قليل للتفاعل، في حين تستمر أنظمة أخرى في التفاعل حتى تكتمل. تصل معظم التفاعلات إلى حالة الاتزان مع وجود بعض التفاعلات غير مستهلكة. عندما لا تستهلك التفاعلات بالكامل تكون كمية النواتج أقل من المتوقع حسب 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 جولدبرغ **Guldberg** وبيتر ويج **Waage** في عام 1864م قانون الاتزان الكيميائي الذي ينص على أنه عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل حالة تصبح فيها نسب تراكيز التفاعلات و النواتج ثابتة. وتكون معادلة التفاعل العامة للتفاعل في حالة الاتزان كما يلي:



إذا تم تطبيق قانون الاتزان الكيميائي على المعادلة نحصل على النسبة الآتية:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

تعبير ثابت الاتزان

تمثل $[A]$ و $[B]$ التراكيز المولارية للمتفاعلات و $[C]$ و $[D]$ التراكيز المولارية للنواتج و a و b و c و d معاملات المعادلة الموزونة

يمثل ثابت الاتزان نسبة التراكيز المولارية للنواتج إلى التراكيز المولارية للمتفاعلات. ويُرفع كل تركيز إلى قوة مساوية للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة.

ثابت الاتزان K_{eq} هو القيمة العددية لنسبة تراكيز النواتج إلى تراكيز المتفاعلات، ويُرفع كل تركيز إلى قوة مساوية للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة. تكون قيمة K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة فقط.

كيف يمكن تفسير قيمة ثابت الاتزان؟ تعلم أن قيمة الكسر الذي بسطه أكبر من مقامه تكون أكبر من 1. وتكون قيمة الكسر الذي بسطه أقل من مقامه أقل من 1. على سبيل المثال، قارن النسب $\frac{5}{3}$ و $\frac{1}{3}$ فالخمس أكبر من الخمس. ولأن تراكيز النواتج توجد في بسط معادلة ثابت الاتزان، يكون التفاعل محتوياً 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.

تطوير المفهوم

التركيز المولاري

ساعد الطلبة في أثناء قيامهم بحساب التركيز المولاري للإيثانول السائل.

$$1000 \text{ ml CH}_3\text{CH}_2\text{OH/}$$

$$1 \text{ L CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \times 0.789 \text{ g CH}_3\text{CH}_2\text{OH/1 ml}$$

$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \times 1 \text{ mol CH}_3\text{CH}_2\text{OH/46.07 g}$$

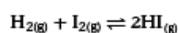
$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = 17.1 \text{ mol/l}$$

ووضح لهم أنه إذا لم تتغير كثافة الإيثانول السائل بسبب تغير الحرارة، فعندئذٍ يمكننا اعتبار أن القيمة 17.1 mol/l ثابتة للمادة. **ض م**

التعزيز

قيمة K_{eq} اطلب إلى الطلبة إيجاد العلاقة بين قيمة K_{eq} ، والقيمة النسبية للمواد الناتجة والمتفاعلة والموجودة عند الاتزان. إذا كانت قيمة K_{eq} أكبر من 1، فهذا يعني وجود مواد ناتجة أكثر من المتفاعلة. أما إذا كانت قيمة K_{eq} أقل من 1، فهذا يعني وجود مواد متفاعلة أكثر من الناتجة. **د م**

تعبير الاتزان المتجانس يتسح غاز يوديد الهيدروجين من تفاعل الاتزان لغاز الهيدروجين مع اليود. لليود ومركباته استعمالات مهمة في الطب، كما هو موضح في الشكل 5-7. كيف يمكنك كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التفاعل؟



هذا تفاعل اتزان متجانس، وهذا يعني أن المتفاعلات والنواتج موجودة في الحالة الفيزيائية نفسها؛ فكل المواد المشاركة في الحالة الغازية. أو لوضع تراكيز النواتج في البسط وتراكيز المتفاعلات في المقام.

$$\frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

يصبح هذا التعبير مساوياً لثابت الاتزان K_{eq} ، عندما نضيف المعاملات بوصفها قوى من المعادلة الكيميائية الموزونة

$$K_{eq} = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

ثابت الاتزان لهذا التفاعل يساوي 49.7 عند درجة حرارة 731 K، لاحظ أن 49.7 ليست لها وحدة. من المعتاد حذف الوحدات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان.



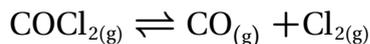
الشكل 5-7 بسبب خواص اليود الضادة للجراثيم، يستعمل محلول اليود ومركباته اليود كمطهرات خارجية. كما تدخل بعض مركبات يوديد البوتاسيوم KI في الأدوية التي تعالج تضخم الغدة الدرقية.

دفتر الكيمياء

تراكيز المواد الصلبة والسائلة اطلب إلى الطلبة تفسير سبب حذف تراكيز المواد الصلبة والسائلة من تعبير ثابت الاتزان في حالة الاتزان غير المتجانس. واطلب إليهم كتابة المعادلات الكيميائية، وتعبير ثابت الاتزان لحالتي اتزان غير متجانس تحتويان على مواد صلبة، وحالتي اتزان غير متجانس تحتويان على مواد سائلة. **ض م**

مثال في الصف

السؤال الفوسيجين Phosgene، وهو مركب كيميائي كان يستعمل في الحروب، ولكنه مُنع بموجب اتفاقية جنيف، وهو يتحلل وفقاً لمعادلة الاتزان الآتية:



اكتب ثابت الاتزان لهذا التفاعل

الإجابة

$$K = \frac{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]}$$

مسائل تدريبية

1. a. $K_{\text{eq}} = [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$
 - b. $K_{\text{eq}} = [\text{H}_2]^2 [\text{S}_2] / [\text{H}_2\text{S}]^2$
 - c. $K_{\text{eq}} = [\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}] / [\text{CO}][\text{H}_2]^3$
 - d. $K_{\text{eq}} = [\text{NO}]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6 / [\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^5$
2. $2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

مثال 5.1

تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات المتجانسة تُنتج ملايين الأطنان من الأمونيا NH_3 لاستعمالها في صناعة المتفجرات والأسمدة والألياف الصناعية. ويمكن أن تستعمل الأمونيا منظفًا منزليًا؛ فهي مفيدة جدًا في تنظيف الزجاج. تصنع الأمونيا من عناصرها الهيدروجين والنيتروجين باستعمال عملية هابر. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل الآتي: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

1 تحليل المسألة

توفر معادلة التفاعل المعلومات المطلوبة لكتابة تعبير ثابت الاتزان. وهذا الاتزان متجانس؛ لأن المتفاعلات والناتج في الحالة الفيزيائية نفسها.

المعطيات

1 = معامل $[\text{A}] = [\text{N}_2]$
3 = معامل $[\text{B}] = [\text{H}_2]$
2 = معامل $[\text{C}] = [\text{NH}_3]$

2 حساب المطلوب

عوض $\text{A} = \text{N}_2$, $\text{B} = \text{H}_2$, $\text{C} = \text{NH}_3$

عوض $a = 1$, $b = 3$, $c = 2$

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{NH}_3]^c}{[\text{N}_2]^a [\text{H}_2]^b}$$

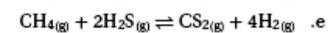
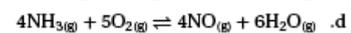
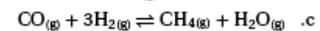
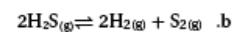
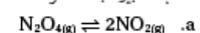
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

3 تقويم الإجابة

تراكم الناتج في البسط وتراكم المتفاعلات في المقام. ترفع التراكيز إلى أس مساوي لمعاملاتها.

مسائل تدريبية

1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:



2. تحدّد اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان الآتي:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$

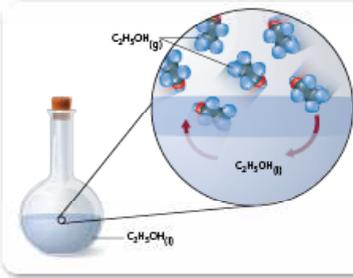
مشروع الكيمياء

العمليات والأحداث الإنعكاسية اطلب إلى الطلبة ذكر خمسة أحداث أو عمليات يومية انعكاسية، وتبادل المعلومات فيما بينهم على صورة رسوم أو تقرير شفوي. واطلب إليهم أيضًا مناقشة أهمية التفاعلات الانعكاسية التي ذُكرت. **ضم**

عرض عملي

ثابت الاتزان املاً دورقاً صغيراً بالماء إلى النصف تقريباً وأغلقه بإحكام، ثم اعرضه للطلبة. واسأل الطلبة في اليوم التالي إن كانت كمية الماء في الدورق قد تغيرت أم لا. لا، ثم أسأل: هل يعني هذا عدم حدوث أي تفاعلات أو عمليات في الدورق؟ لا. وضح لهم أن كمية السائل في الدورق تظل ثابتة على الرغم من وجود عمليتين متعاكستين في حالة اتزان.

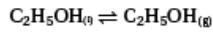
ثم اطلب إليهم كتابة معادلة ثابت الاتزان للاتزان غير المتجانس داخل الدورق.



الشكل 8-5 عند الاتزان، تكون سرعة تبخر الإيثانول $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ مساوية لسرعة التكثف. يسمى هذا الاتزان المتجانس بين حالتين فيزيائيتين للمادة بالاتزان غير المتجانس. تعتمد قيمة K_{eq} على $[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}]$ فقط.

تعبير الاتزان غير المتجانس لقد تعلمت كتابة تعابير ثابت الاتزان K_{eq} للاتزان المتجانس؛ إذ تكون المتفاعلات والناتج في الحالة الفيزيائية نفسها. أما عندما توجد المتفاعلات والناتج في أكثر من حالة فيزيائية واحدة يسمى **الاتزان غير المتجانس**.

فمثلاً إذا وضعت كمية من الإيثانول في دورق مغلق، فإنه بعد فترة من الزمن يحصل اتزان غاز - سائل كما هو موضح في الشكل 8-5



لكتابته تعبير ثابت الاتزان لهذه العملية، يجب أن تكتب نسبة بين تركيز الناتج إلى تركيز المتفاعل. في درجة حرارة معينة، تكون قيمة النسبة ثابتة K .

$$K = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)}]}$$

لاحظ أن مقام المعادلة 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 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ صغيرة أو كبيرة فإن تركيزه يبقى ثابتاً. لذلك فإن القيمة الموجودة في مقام المعادلة ثابتة، ويمكن دمجها مع K لتعطي K_{eq} .

$$K[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = K_{eq}$$

ويمكن كتابة تعبير ثابت الاتزان لهذا التغيير في الحالة الفيزيائية للإيثانول على النحو الآتي: $K_{eq} = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(g)}]$

المواد الصلبة مواد نقية بتركيز ثابتة، لذلك يمكن تبسيط الاتزان الذي يحتوي مواد صلبة بالطريقة نفسها. تذكر تجربة تسامي جزيئات اليود في الشكل 8-5.



$$K_{eq} = [\text{I}_2]$$

يعتمد ثابت الاتزان K_{eq} على تركيز غاز اليود في النظام فقط.

مهتم في الكيمياء

كاتب علمي لنقل المعلومات العلمية للآخرين غير العلمي. يجب أن يكون عند الكاتب خلفية علمية واسعة وقدرة على الكتابة بشكل مفهوم وواضح ودقيق. يجعل الكاتب العلمي المواضيع المعقدة مثل الاتزان الكيميائي في متناول قراء بدون أي معلومات مسبقة عن الموضوع. للمزيد من المعلومات عن المهنة في مجال الكيمياء، قم بزيارة

www.obeikaneducation.com

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى بعض الطلبة المتفوقين استعمال الجبر لحساب عدد جزيئات كل مادة موجودة عند اتزان التفاعل $\text{A}_3(g) + \text{AB}(g) \rightleftharpoons \text{A}_2(g)$ ، K^{-16} ، إذ يحتوي النظام على تسعة جزيئات A_3 واثنى عشر جزيئاً AB عند بدايته.

و عند حل $16 = ((X) \text{A}_2 \times (X) \text{A}_2\text{B}) / ((9-X) \text{A}_3 \times (12-X) \text{AB})$

المعادلة نجد قيمة $X=8$ ، إذًا يحتوي النظام المتزن على جزيء واحد A_3

4 جزيئات AB و 8 جزيئات A_2 و 8 جزيئات A_2B **ف م**

مثال في الصف

السؤال اكتب معادلة ثابت الاتزان للاتزان غير المتجانس



$$K = [\text{CO}_2] \text{ الإجابة}$$

مسائل تدريبية

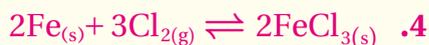
$$3. \text{ a. } K_{\text{eq}} = [\text{C}_{10}\text{H}_8(g)]$$

$$\text{ b. } K_{\text{eq}} = [\text{H}_2\text{O}(g)]$$

$$\text{ c. } K_{\text{eq}} = [\text{CO}_2(g)]$$

$$\text{ d. } K_{\text{eq}} = [\text{CO}(g)][\text{H}_2(g)] / [\text{H}_2\text{O}(g)]$$

$$\text{ e. } K_{\text{eq}} = [\text{CO}_2(g)] / [\text{CO}(g)]$$



$$K_{\text{eq}} = 1 / [\text{Cl}_2]$$

تعايير ثابت الاتزان غير المتجانس تستعمل صودا الخبز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) في الخبز، ومضاداً للحموضة، وفي التنظيف، وبالإضافة إلى ذلك توضع مادة في أوعية مفتوحة في التلاجات لإبقاء الجو منعشاً، كما هو موضح في الشكل 5-9. اكتب تعبير ثابت الاتزان لتحلل صودا الخبز.



1 تحليل المسألة

هذا الاتزان غير المتجانس يحتوي على غازات ومواد صلبة، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان.

المعطيات

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = [\text{C}] \text{ ، معاملها } = 1$$

$$[\text{CO}_2] = [\text{D}] \text{ ، معاملها } = 1$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = [\text{E}] \text{ ، معاملها } = 1$$

$$[\text{NaHCO}_3] = [\text{A}] \text{ ، معاملها } = 2$$

2 حساب المطلوب

كون نسبة تراكيز النواتج إلى تراكيز المتفاعلات. وضع التعبير العام لثابت الاتزان

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d [\text{E}]^e}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Na}_2\text{CO}_3]^1 [\text{CO}_2]^1 [\text{H}_2\text{O}]^1}{[\text{NaHCO}_3]^2}$$

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Na}_2\text{CO}_3]^1 [\text{CO}_2]^1 [\text{H}_2\text{O}]^1}{[\text{NaHCO}_3]^2}$$

$$K_{\text{eq}} = [\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]$$

$$D = \text{CO}_2 \quad A = \text{NaHCO}_3$$

$$C = \text{Na}_2\text{CO}_3 \quad E = \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{عوض } a = 2, c = 1, d = 1, e = 1$$

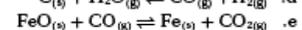
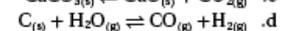
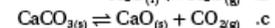
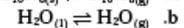
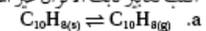
قم بإزالة المواد الصلبة

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:



4. تحدّد يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد III FeCl_3 . اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.



الشكل 5-9 تمتص كربونات الصوديوم الهيدروجينية (صودا الخبز). الروائح وتتمش الهواء داخل التلاجة. وهي أيضاً من المكونات الرئيسية في بعض معاجين الأسنان

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات صغيرة، وكتابة أمثلة على أنظمة في حالة اتزان في الطبيعة أو في محيطهم. ثم اطلب إليهم عرض النظام وديناميكيات الاتزان على شكل مخطط. **دم ت ت**

ثوابت الاتزان Equilibrium Constants

تبقى قيمة K_{eq} ثابتة لتفاعل معين عند درجة حرارة معينة، بغض النظر عن التراكيز الابتدائية للنواتج والمفاعلات. لفحص هذه النظرية، تم تنفيذ ثلاث تجارب للتفاعل: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$. ملخص النتائج موضح في الجدول 1-5. في المحاولة الأولى، وضع 1.00 mol من H_2 و 2.00 mol من I_2 في وعاء حجمه 1.0000 L ولا يوجد أي كمية من HI في بداية المحاولة 1. في بداية المحاولة 2 فقط HI كان موجودًا. أما في المحاولة 3 فكان لكل مادة من المواد الثلاث التركيز الابتدائي نفسه. تمت التفاعلات جميعها في درجة حرارة 731 K.

تراكيز الاتزان تسم تحديد تركيز كل مادة تجريبيًا عند الاتزان. لاحظ أن تراكيز الاتزان في التجارب الثلاث ليست متساوية. لكن عند التعويض ببدل تراكيز الاتزان في معادلة 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 مواقع الاتزان، والتي تعتمد على التراكيز الابتدائية للمفاعلات والنواتج.

تعني قيمة K_{eq} العالية في التفاعل $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ أن النواتج موجودة بكميات أكبر من المفاعلات عند الاتزان. لكن في كثير من التفاعلات تكون قيمة K_{eq} صغيرة.

في التفاعل $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ مثلًا تساوي $K_{eq} = 4.6 \times 10^{-31}$ عند درجة حرارة 298 K. تعني القيمة الصغيرة لـ K_{eq} أن كمية أكسيد النيتروجين NO الناتجة عمليًا تكون شبه معدومة عند الاتزان.

خواص الاتزان لعلك لاحظت خواص 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 المفاعلات. ثانيًا: يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة.

ثالثًا: توجد النواتج والمفاعلات معًا، وهي في حركة ديناميكية ثابتة، وهذا يعني أن الاتزان ديناميكي، وليس ساكنًا.

ماذا قرأت؟ هسر لماذا يعد من المهم وجود المفاعلات والنواتج معًا في الاتزان؟

ماذا قرأت؟ تتساوى سرعة التفاعلين الطردى والانعكاسى عند الاتزان، وفي حالة عدم وجود إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، فلن يحدث التفاعل المتعاكس.

بيانات تجريبية لتفاعل يوديد الهيدروجين عند الاتزان							الجدول 1-5
K_{eq}	تراكيز الاتزان			التراكيز الابتدائية			
$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$	[HI]	[I ₂]	[H ₂]	[HI]	[I ₂]	[H ₂]	تجربة
$49.70 = \frac{[1.8682]^2}{[0.06587][1.0659]}$	1.8682	1.0659	0.06587	0	2.0000	1.0000	1
$49.70 = \frac{[3.8950]^2}{[0.5525][0.5525]}$	3.8950	0.5525	0.5525	5.0000	0	0	2
$49.70 = \frac{[1.7515]^2}{[0.2485][0.2485]}$	1.7515	0.2485	0.2485	1.0000	1.0000	1.0000	3

طرائق تدريس متنوعة

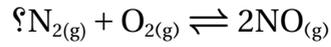
فوق المستوى تحّد الطلبة المتفوقين أن يضيفوا حالتي اتزان (حوالي سطرين) إلى الجدول 1-5 في الأعمدة من 5 إلى 8، بتراكيز اتزان مختلفة عن القيم الموجودة في الجدول. يجب أن تحتوي إحدى الحالات على تراكيز اتزان متساوية لـ H_2 و I_2 ، أما الحالة الأخرى فيجب أن تحتوي على تراكيز اتزان غير متساوية لـ H_2 و I_2 ، كما يجب أن نحصل من تراكيز الحالتين على قيمة $K_{eq} = 49.7$ **دم**

مثال في الصف

السؤال ما قيمة K_{eq} للاتزان الآتي إذا كانت قيم التراكيز هي:

$$[N_2] = 0.20 \text{ mol/l}, [O_2] = 0.15 \text{ mol/l},$$

$$[NO] = 0.0035 \text{ mol/l}$$



الإجابة

$$K_{eq} = 4.1 \times 10^{-4}$$

$$K_{eq} = \frac{(0.0035)^2}{(0.20)(0.15)} = 4.1 \times 10^{-4}$$

مسائل تدريبية

5. $K_{eq} = 0.213$

6. $K_{eq} = 3.93$

7. $[COCl_2] = 0.27M$

مثال 5.3

قيمة ثابت الاتزان احسب 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 $[NH_3] = 0.933 \text{ mol/l}$, $[N_2] = 0.533 \text{ mol/l}$, $[H_2] = 1.600 \text{ mol/l}$

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت تعبير ثابت الاتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج، يجب حساب ثابت الاتزان.

المطلوب

$K_{eq} = ?$

$$[N_2] = 0.533 \text{ mol/l}$$

$$[H_2] = 1.600 \text{ mol/l}$$

المعطيات

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$[NH_3] = 0.933 \text{ mol/l}$$

2 حساب المطلوب

$$\text{عوض } [NH_3] = 0.933 \text{ mol/l}$$

$$[N_2] = 0.533 \text{ mol/l}, [H_2] = 1.6 \text{ mol/l}$$

$$K_{eq} = \frac{[0.933]^2}{[0.533][1.600]^3} = 0.399$$

3 تقويم الإجابة

توجد القيمة الكبرى للتراكيز 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 أن:

$$[N_2O_4] = 0.0185 \text{ mol/l}, [NO_2] = 0.0627 \text{ mol/l}$$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ إذا علمت أن:

$$[CO] = 0.0613 \text{ mol/l}, [H_2] = 0.1839 \text{ mol/l}, [CH_4] = 0.0387 \text{ mol/l}, [H_2O] = 0.0387 \text{ mol/l}$$

7. تحدّد 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 يساوي 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$ ؟ علماً بأن قيمة ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها تساوي 8.2×10^{-2}

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل الطلبة: هل يمكن الوصول إلى حالة اتزان بين سائل - غاز، لسائل في وعاء مفتوح؟ لا، ليس ذلك ممكنًا في العادة، ولكن يمكن تحقيق الاتزان إذا أصبح الجو مشبعًا بالبخار. **ض م**

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة اعتبار كثافة الماء عند درجة حرارة 277K تساوي 1.00g/ml وذلك لأغراض حساب التركيز المولاري للماء السائل عند درجة الحرارة نفسها. 55.5 mol/l **ض م**

التوسّع

اطلب إلى الطلبة المهتمين بالموضوع استعمال قانون الغاز المثالي $PV=nRT$ لإيجاد العلاقة بين K_p و K_{eq} ، حيث يعبر عن ثابت اتزان الغازات بالضغط الجزئي للغاز عوضًا عن التركيز المولاري.

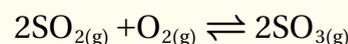
$$K_{eq} = K_p \left(\frac{1}{RT} \right)^{\Delta n}$$

حيث $\Delta n =$ جزئيات المادة الغازية الناتجة - عدد مولات المادة

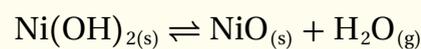
الغازية المتفاعلة. **ف م**

التقويم

المعرفة: اطلب إلى الطلبة كتابة معادلات ثابت الاتزان للأنظمة المتزنة التالية:



$$K_{eq} = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$



$$K_{eq} = [H_2O] \quad \text{ض م}$$

التقويم 5-1

الخلاصة

8. الفكرة الرئيسية: فسّر كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq} ؟
9. قارن بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.
10. عدّد ثلاثة خواص يجب أن توجد في مزيج تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.
11. احسب قيمة K_{eq} عند حرارة 400 K للتفاعل الآتي:
 $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$
 $[PCl_5] = 0.135 \text{ mol/l}$, $[PCl_3] = 0.550 \text{ mol/l}$, $[Cl_2] = 0.550 \text{ mol/l}$
12. فسّر البيانات بوضع الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أي منها نجد تركيز النواتج أكبر؟ فسّر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة.

التقويم 5-1

8. كلما زادت قيمة ثابت الاتزان، زادت كمية المواد الناتجة المتكوّنة عند الاتزان.
9. توجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها في حالة الاتزان المتجانس، بينما تكون في حالات فيزيائية مختلفة في حالة الاتزان غير المتجانس.
10. للوصول إلى حالة الاتزان، يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق وعند درجة حرارة ثابتة، وأن تتواجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في نفس الوعاء.
11. $K_{eq} = 2.24$.
12. 373 K، بما أن المواد الناتجة تكون في بسط المعادلة، لذا فكلما زادت قيمة K_{eq} ، زاد تركيز المواد الناتجة.

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

اتزان غاز CO_2 من الأنظمة البيئية المتزنة المهمة للنظام الذي يحتوي ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي والذائب في المحيطات. اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة الاتزان الآتية:



اسأل: ما تأثير احتراق الوقود الأحفوري في تركيز $CO_2(g)$ وكميته في الغلاف الجوي؟ يزداد $CO_2(g)$. فسر: إذا كان من شأن ذلك زيادة سرعة التفاعل في الاتجاه الأيمن، فما نتيجة ذلك؟ **يزداد تركيز $CO_2(aq)$** حتى يصبح معدل انطلاق $CO_2(g)$ من المحيطات مساوياً لمعدل ذوبانه فيها، وهذا يعني حالة اتزان جديدة بينهما.

وضح أن ازدياد تركيز CO_2 في محيطات الأرض يؤدي إلى تغير pH (حمضية) الماء، وهذا يمكن أن يؤثر سلباً في الحياة البحرية. **ضم**

2. التدريس

التعزيز

مبدأ لوتشاتيليه Le Chatelier's اشرح للطلبة أنه على الرغم من أهمية استعمال مبدأ لوتشاتيليه في معرفة كيفية تأثير تغير الظروف المحيطة في العديد من التفاعلات الكيميائية، إلا أنه لا يمكن تطبيقه إلا على الأنظمة في حالة الاتزان فقط.

تطوير المفهوم

الحرارة فسر إمكانية اعتبار الحرارة مادة متفاعلة في التفاعلات الماصة للحرارة، ومادة ناتجة في التفاعلات الطاردة للحرارة.

العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

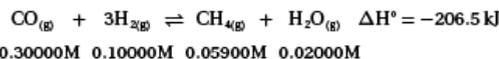
Factors Affecting Chemical Equilibrium

الفكرة الرئيسية 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 ثابتاً. إذا زاد الطلب على المنتج فإن سعر المنتج سوف يزيد. ويصبح السعر ثابتاً مرة أخرى عندما يصل العرض والطلب إلى حالة اتزان. وهذا يشبه تصرف الأنظمة في حالة الاتزان.

مبدأ لوتشاتيليه 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 حرارة 1200 K ، يصل التفاعل الطارد للحرارة للحرارة $(\Delta H = -206.5\text{ kJ})$ إلى حالة الاتزان الأصلي



0.30000M 0.10000M 0.05900M 0.02000M

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.05900)(0.02000)}{(0.30000)(0.10000)^3} = 3.933$$

ولأن تركيز الميثان 0.0590 mol/l قليل جداً، لا يمكن استعماله عملياً. فهل يمكن لعلماء الكيمياء التحكم في موضع الاتزان للحصول على كمية أكبر من الميثان؟ يشبه ذلك عداء يركض على آلة المشي، كما في الشكل 5-10، فإذا زاد العداء سرعة الآلة فإن عليه زيادة سرعته للعودة إلى حالة الاتزان.



الشكل 5-10 يزيد العداء من سرعة آلة المشي تدريجياً. لذا، عليه عند كل تغيير زيادة سرعة ركضه ليحقق اتزانه على الآلة مرة أخرى. بشكل مماثل يمكن لعالم الكيمياء تغيير ظروف التفاعل عند الاتزان لزيادة كمية النواتج.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ساعد الطلبة على تصور مبدأ لوتشاتيليه من خلال التشابه الآتي: يضع الدجاج البيض ليرقد عليه ويفقس. وإذا أزيل هذا البيض بعد وضعه، فسوف يضع الدجاج المزيد من البيض، ولتحقيق هذا الهدف، يشجع المزارعون الدجاج على وضع المزيد من البيض (التفاعل) عن طريق إزالة البيض (النواتج) بمجرد وضعه. **دم**

أضف معلومات من هذا البند إلى مطويتك.

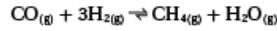
في عام 1888م اكتشف العالم الفرنسي هنري لويس لوتشاتيليه Le Chatelier أن هناك طرائق للتحكم في الاتزان لجعل التفاعل أكثر إنتاجاً. وقد طرح ما يسمى الآن بمبدأ لوتشاتيليه: إذا تم بذل جهد على نظام في حالة اتزان، فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاه يخفف أثر هذا الجهد. الجهد هو أي تغيير يؤثر في اتزان نظام معين.

تطبيق مبدأ لوتشاتيليه Applying Le Châtelier's Principle

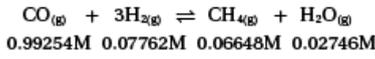
كيف يمكن للكيميائي الصناعي تطبيق مبدأ لوتشاتيليه لزيادة إنتاج الميثان؟ إنه يحتاج إلى تعديل أي من العوامل التي من شأنها أن تؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو النواتج في التفاعل.

التغيير في التركيز يؤثر تغيير تراكيز النواتج أو المتفاعلات في الاتزان؛ إذ تنص نظرية التصادم على أن الجسيمات يجب أن تصادم حتى تتفاعل، وأن عدد التصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة يعتمد على تركيزها. إذا من الممكن أن يغير الكيميائي الاتزان بتغيير التراكيز.

إضافة مواد متفاعلة إذا أضيفت كمية من أول أكسيد الكربون إلى وعاء التفاعل فسيزيد تركيزه من 0.300M إلى 1.00M، مما يزيد عدد التصادمات الفعالة بين جزيئات غاز أول أكسيد الكربون CO وجزيئات غاز الهيدروجين H₂، فيؤثر ذلك في الاتزان التفاعل؛ إذ تزيد سرعة التفاعل الطردى، كما هو موضح من السهم الأطول الذي يشير نحو اليمين في معادلة التفاعل.



مع الوقت، يبطئ التفاعل الطردى مع انخفاض تركيز كل من CO و H₂، وفي الوقت نفسه، تزداد سرعة التفاعل العكسي، مع إنتاج المزيد من CH₄ و H₂O وفي النهاية، يتحقق موضع اتزان جديد (موضع 2).



$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{(0.06648)(0.02746)}{(0.99254)(0.07762)^3} = 3.933$$

لاحظ أن قيمة K_{eq} لا تتغير، وأن موضع الاتزان الجديد حقق النتائج المرجوة حيث زاد تركيز الميثان. تلخص نتائج هذه التجربة في الجدول 5-2.

هل كان بإمكانك توقع هذه النتيجة باستعمال مبدأ لوتشاتيليه؟ نعم، يعتبر مبدأ لوتشاتيليه زيادة تركيز CO جهداً مبدولاً على الاتزان، فيستجيب نظام الاتزان لهذا الجهد باستهلاك CO بسرعة أكبر. وتسمى هذه الاستجابة، إزاحة نحو اليمين، وإنتاج المزيد من CH₄ و H₂O. لذا تؤدي أي زيادة في تركيز أي من المتفاعلات إلى الإزاحة نحو اليمين وزيادة النواتج.

عند الاتزان للتفاعل CO _(g) + 3H _{2(g)} ⇌ CH _{4(g)} + H ₂ O _(g)					الجدول 5-2
K _{eq}	[H ₂ O] _{eq} (M)	[CH ₄] _{eq} (M)	[H ₂] _{eq} (M)	[CO] _{eq} (M)	موضع الاتزان
3.933	0.02000	0.05900	0.10000	0.30000	1
3.933	0.02746	0.06648	0.07762	0.99254	2

عرض توضيحي

الرابطة الهيدروجينية

الهدف

توضيح الروابط الهيدروجينية في حالات الاتزان.

المواد

60 ml أسيتون، 1.4 g CoCl₂·2H₂O، مخبار مدرّج سعة 100 ml من 30 ml H₂O.

احتياطات السلامة

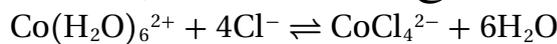
التخلص من النفايات يجب التخلص من النفايات حسب التعليمات التي يخبرك بها معلمك.

خطوات العمل

أذب 1.4 g من CoCl₂·2H₂O في 30 ml من H₂O، وضّع المحلول في المخبار المدرّج، ثم أضف 60 ml من الأسيتون ببطء إلى المخبار المدرّج. تحذير: محلول كلوريد الكوبلت سامّ والأسيتون قابل للاشتعال. اطلب إلى الطلبة مراقبة طبقة اللهب الزرقاء الموجودة في الأعلى.

النتائج

يكون الأسيتون روابط هيدروجينية مع الماء ويقلل من تركيز الماء في الطبقة العلوية من المحلول. لذا سيتجه الاتزان نحو الاتجاه الأيمن ليكون مزيج الكلور الأزرق المعقد في التفاعل الآتي:



بنفسجي

أزرق



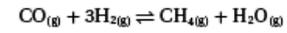
الشكل 5-11 يعرف التاجر المواد الموجودة في متجره في كل وقت، ولذلك عندما يقل الخزون يجب تعويضه. فسر هذا التشبيه في ظل مبدأ لوتشاتليه.

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. ماذا يتوقع مبدأ لوتشاتليه أن يحدث للاتزان استجابة لتقصن تركيز الماء؟ سوف تتم إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يزيد من تركيز الماء مرة أخرى. هذا يعني إزاحة الاتزان نحو اليمين وتكوين المزيد من النواتج. فكر كيف تبقى رفوف المتاجر مملوءة بالمنتجات، كما هو موضح في الشكل 5-11. عندما يشتري الزبائن المواد فلن على أحد الموظفين تعويض تناقص المنتجات على الرفوف. وبشكل مشابه يعيد تفاعل الاتزان الماء الناقص؛ يحدث إزاحة مشابه نحو الجهة اليسرى. لتتوقع تؤدي إزالة أي كمية من أي من النواتج إلى إزاحة الاتزان نحو الجهة اليمنى، وإنتاج المزيد من النواتج.

إضافة النواتج يمكن أيضاً إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار في اتجاه المتفاعلات؛ إذ يتوقع مبدأ لوتشاتليه بأنه 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 مشابه نحو الجهة اليسرى. لتتوقع أثر جهد ما على الاتزان باستعمال مبدأ لوتشاتليه، قم بإبقاء معادلة التفاعل أمامك، والشكل 5-12 يوضح تأثير تغيير التركيز في الاتزان.

✓ **ماذا قرأت؟** صف اتجاه الاتزان عند إزالة مادة متفاعلة.

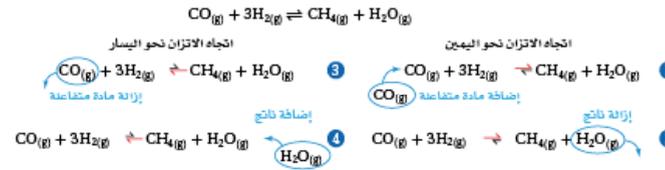
التغيير في الحجم والضغط انظر إلى تفاعل تكوين الميثان الموضح بالمعادلة الكيميائية:



هل يمكن دفع التفاعل لتكوين المزيد من الميثان عن طريق تغيير حجم وعاء التفاعل؟ افترض أن حجم الوعاء يمكن تغييره عن طريق مكبس، كما هو موضح في الشكل 5-13. إذا تم تحريك المكبس إلى أسفل يقلل حجم الوعاء. حيث أن تقليل الحجم عند درجة حرارة ثابتة يزيد الضغط. إذن يمثل هذا الضغط الزائد جهداً مبدولاً على التفاعل المتزن. كيف يستجيب الاتزان لهذا التغيير في الضغط؟ وكيف يخفف من هذا التغيير؟

الشكل 5-12 تشمل 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 تمت إضافة كمية من H_2 أو تمت إزالة كمية من CH_4 .



■ إجابة سؤال الشكل 5-11

يمكن أن يستمر التاجر في بيع بضائعه إذا استمر بإضافة مخزون تلك البضائع إلى رفوف المتجر. وكذلك الحال، يستمر التفاعل الكيميائي في إنتاج المواد الناتجة طالما تمت إضافة مواد متفاعلة. حيث تؤدي المواد المتفاعلة المضافة إلى إحداث جهد على الاتزان يدفعه إلى التكيف للتخفيف من تأثير الجهد المضاف، وذلك بالاتجاه إلى الطرف الأيمن فينجم عنه مواد ناتجة أكثر.

■ إجابة سؤال الشكل 5-12

إذا أضفت H_2 ، يتجه الاتزان إلى الجهة اليمنى، وإذا أزلت CH_4 ، يتجه الاتزان إلى الجهة اليسرى.

✓ **ماذا قرأت؟**

سيتحرك الاتزان إلى الجهة اليسرى لإنتاج المزيد من المواد المتفاعلة.

■ إجابة سؤال النص سيتحرك الاتزان في الاتجاه الذي يؤدي

إلى تكوين المزيد من النواتج.

التعلم البصري

الشكل 5-12 وضح للطلبة أن سهم الاتزان عندما يكون أطول في الاتجاه الأيمن أو الأيسر، فهذا يعني أن سرعة التفاعل في هذا الاتجاه أكبر بشكل مؤقت. ووضح أيضاً أنه عند الوصول إلى حالة اتزان جديدة، يحدث التفاعل بالسرعة نفسها مجدداً.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تفسير الفرق بين الرابطة الهيدروجينية والرابطة التساهمية. تنتج الرابطة التساهمية عن مشاركة زوج واحد أو أكثر من إلكترونات التكافؤ، في حين تنتج الرابطة الهيدروجينية عن قوة التجاذب بين ذرة الهيدروجين والعنصر ذي الشحنة الكهربائية السالبة، التي لا تمتلك إلكترونات غير مرتبطة. **ضم**

التحليل

1. لماذا تتكون طبقة الأستيون فوق سطح الماء؟ لأن كثافة الأستيون أقل من كثافة الماء.
2. ماذا يسمى علماء الكيمياء عملية تكوّن قوة تجاذب بين ذرات الهيدروجين في جزيء ماء واحد مع الأكسجين في جزيء ماء آخر؟ الرابطة الهيدروجينية.
3. باستعمال المعادلات الكيميائية للاتزان: ما الاتجاه المرجح للتفاعل عندما تنجذب المياه إلى الأستيون فيقلّ تركيزها؟ الاتجاه الأيمن، يرجح تكوّن $CoCl_4^{2-}$ الأزرق.



الأداء يوصف الاتزان ما بين NO_2 و N_2O_4 كما في المعادلة الآتية:

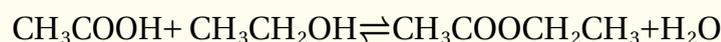


بلا لون بني

اطلب إلى الطلبة عمل ملصق يصور كيفية تغير عدد جزيئات N في وعاء مغلق، وكيفية تغير لون المزيج عند تعرض النظام لنوعين من الجهد أو الاضطراب، هما: 1. ازدياد حجم الوعاء. 2. خفض درجة الحرارة. عندما يزداد حجم الوعاء، يزداد عدد جزيئات NO_2 ويصبح لون المزيج بنيًا. وعندما تنخفض درجة الحرارة، يزداد عدد جزيئات N_2O_4 ويصبح المزيج عديم اللون. **ض م**

تطبيقات كيميائية

تحضير إيثانوات الإيثيل يمكن تحضير إيثانوات الإيثيل بتسخين الإيثانول مع حمض الإيثانويك ethanoic acid بوجود محفز من حمض قوي مثل حمض الكبريتيك. ويميل الاتزان في هذه العملية قليلاً إلى جهة الإستر ester.



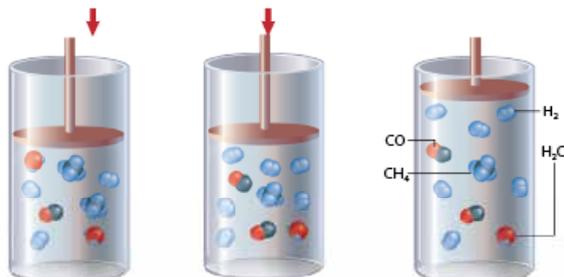
وتطبيق مبدأ لوتشاتلييه، يمكن تحسين نسب النواتج بإضافة مزيد من الكحول أو بإزالة الماء - عن طريق مزجه بالبنزين، أو عن طريق عامل مجفف.

■ **إجابة سؤال الشكل 5-13**

يوجد عشرة جزيئات عند الضغط المنخفض، في حين توجد ثمانية فقط عند الضغط المرتفع.

■ **إجابة سؤال النص** عندما يزيد الضغط على النظام، يزداد عدد جزيئات الميثان.

الشكل 5-13 في التفاعل ما بين H_2 و CO عند درجة حرارة ثابتة، فإن تغيير حجم الوعاء يغير تراكيز الغازات المتفاعلة والنواتج. كما تؤدي زيادة الضغط إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، ومن ثم زيادة كمية النواتج. قارن بين جزيئات الناتج في الصورة اليمنى وعددها في الجهة اليسرى.



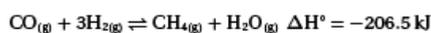
تتكون المزيد من جزيئات النواتج نتيجة لاختلاف حجم الوعاء والضغط. مما يخفف من الجهد على النظام.

يعتمد الضغط المبدول بواسطة الغاز المثالي على عدد جسيمات الغاز التي تصادم 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؟

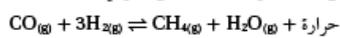
عدد مولات المتفاعلات مقابل عدد مولات النواتج قارن بين عدد مولات المتفاعلات الغازية في المعادلة بعدد مولات النواتج الغازية. يتم استهلاك أربع مولات من المتفاعلات الغازية لتكوين مولين من النواتج الغازية، حيث يقل العدد الكلي بمولين. إذا طبقت مبدأ لوتشاتلييه أمكنك ملاحظة أن الاتزان يخفف الجهد الواقع عليه من زيادة الضغط في الاتجاه نحو اليمين. يوضح الشكل 5-13 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 تكوّن المزيد من الميثان.

يؤدي تغيير حجم (وضغط) نظام في حالة اتزان إلى إزاحة الاتزان فقط في حالة كان عدد مولات المتفاعلات الغازية يختلف عن عدد مولات النواتج الغازية. أما إذا تساوت أعداد مولات الغازات على طرفي المعادلة فإن تغيير الحجم والضغط لا يؤثران في الاتزان.

تفسير درجة الحرارة أي تغيير في درجات الحرارة يغير موضع وثابت الاتزان. تذكر أن معظم التفاعلات الكيميائية إما أنها ماصة للحرارة أو طاردة لها. فمثلاً يحظى تفاعل تكوين الميثان بـ ΔH° سالبة، وهذا يعني أن التفاعل الطردى طارد للحرارة والتفاعل العكسي ماص للحرارة.



في هذه الحالة، يمكن اعتبار الحرارة ناتجاً للتفاعل الطردى ومتفاعلاً للتفاعل العكسي.



دفتر الكيمياء

مبدأ لوتشاتلييه

نظم مسابقة يكتب فيها الطلبة قصصاً أو أشعاراً تصور مبدأ لوتشاتلييه ويدونونها في دفاتر الكيمياء. واطلب إلى أحد زملاء مساعدتك على اختيار الفائزين، ووزع عليهم الجوائز. ثم اقرأ القصائد والقصص الفائزة في الصف. **ض م**

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة أن يشرحوا أو يفسروا لماذا لا يؤثر العامل المحفز في حالة الاتزان. **لأن العامل المحفز يزيد بشكل متساوٍ من سرعة التفاعلين: الطردى والانعكاسي. ض م**

إعادة التدريس

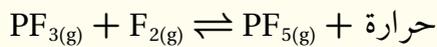
لخص العوامل التي تسبب تغييراً في وضع الاتزان: التركيز، الحجم الضغط، درجة الحرارة. واطلب إلى الطلبة المبادرة لشرح كيفية استجابة الاتزان لكل من العوامل السابقة. إذا تغير تركيز مادة ما يتحول الاتزان إلى الاتجاه الذي يعمل على محاولة استعادة التركيز الأصلي. أما إذا تغير حجم (ضغط) النظام واختلف عدد الجزيئات الغازية في جهة المتفاعلات والنواتج في المعادلة، فسيتحول الاتزان إلى الاتجاه الذي يعمل على محاولة استعادة الضغط الأصلي، وإذا تغيرت درجة الحرارة، فسيغير الاتزان اتجاهه في محاولة لاستعادة درجة الحرارة الأصلية. **ض م**

التوسع

وضح لماذا لا تؤدي إضافة الغاز النليل لنظام متزن إلى تغيير اتجاه الاتزان إلى اليمين أو اليسار؟ **لأنه على الرغم من ازدياد الضغط الكلي في الوعاء إلا أن الضغط الجزئي أو تركيز النواتج والمتفاعلات لم يتغير. ض م**

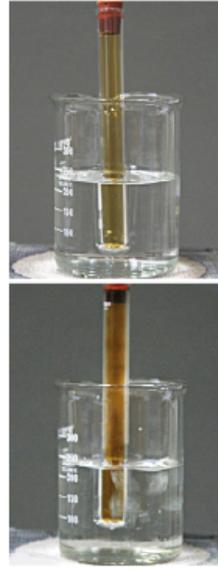
التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا كيف تؤثر التغيرات أدناه في نظام الاتزان المبين في المعادلة التالية:



(1) زيادة الحجم. **ينزاح الاتزان نحو اليمين.**

(2) زيادة درجة الحرارة. **ينزاح الاتزان نحو اليسار.**

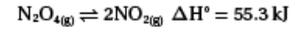


الشكل 14-5 ينزاح الاتزان في اتجاه التفاعل الماص للحرارة نحو اليمين، والذي من شأنه أن يزيد من إنتاج NO₂ (بني غامق اللون). بينما يصبح لون مزيج التفاعل أخف عند وضعه في حمام الماء البارد؛ لأن الاتزان ينزاح في اتجاه التفاعل الطارد للحرارة نحو اليسار، إذ يزداد تحول NO₂ إلى N₂O₄ الذي لا لون له.

الحرارة وموضع الاتزان إذا أضيفت كمية من الحرارة إلى نظام متزن فإن الاتزان وفقاً لمبدأ لوتشاتلييه - يتجه نحو الاتجاه الذي تستهلك فيه الحرارة. لذا ينزاح الاتزان نحو اليسار، ويقلل من تركيز الميثان CH₄. أما خفض درجة الحرارة فيؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين لأن التفاعل الطردى ينتج طاقة ويقلل من الجهد، لذا تنتج كمية أكبر من الميثان.

درجة الحرارة وK_{eq} ينتج عن أي تغيير في درجة الحرارة تغيير في K_{eq}، وكلما زادت قيمة K_{eq} كلما كان الناتج في خليط الاتزان أكبر. ولذلك في تفاعل إنتاج الميثان فإن K_{eq} تزداد عندما تنخفض درجة الحرارة، وتنخفض قيمة K_{eq} عند ارتفاع درجة الحرارة.

التحول بين رابع أكسيد نيتروجين وثنائي أكسيد النيتروجين و NO₂، يستجيب للتغيرات في درجة الحرارة بشكل ملحوظ. ويمكن وصف هذا الاتزان الماص للحرارة في المعادلة الآتية:



N₂O₄ غاز لا لون له، و NO₂ غاز لونه بني. يوضح الشكل 14-5 لون مزيج الاتزان، عندما يبرد في حمام ماء بارد يصبح لونه أخف مقارنة بلونه عندما يسخن المزيج في حمام ماء ساخن. عند إزالة الحرارة بالتبريد ينزاح الاتزان نحو اليسار، وينتج المزيد من غاز لا لون له N₂O₄. أما عند إضافة الحرارة فيزاح الاتزان نحو اليمين وينتج المزيد من غاز NO₂ ذي اللون البني. يوضح الشكل 15-5 تأثير التسخين والتبريد في التفاعلات التي درستها.

العوامل المحفزة و الاتزان تختلف كمية النواتج المتكونة في التفاعل عند تغير التركيز أو الحجم أو الحرارة. هل يمكن للعامل المحفز أن يؤثر هو الآخر في تركيز النواتج؟ يعمل العامل المحفز على زيادة سرعة التفاعل بالتساوي لكلا الاتجاهين، ولهذا يصل التفاعل مع وجود العامل المحفز أسرع إلى حالة الاتزان، دون تغير كمية النواتج المتكونة.

الشكل 15-5 عند رفع درجة حرارة التفاعل الطارد للحرارة بين CO و H₂ ينزاح الاتزان نحو اليسار (معادلة 1)، وتنخفض درجة الحرارة ينتج إزاحة الاتزان نحو اليمين (معادلة 2) والعكس صحيح للتفاعل الماص للحرارة بين NO و H₂O (المعادلتين 3 و4).

رفع درجة الحرارة (حرارة) 1 CO₂(g) + H₂(g) ⇌ CO(g) + H₂O(g) + حرارة

خفض درجة الحرارة (حرارة) 2 CO₂(g) + H₂O(g) ⇌ CO(g) + H₂(g) + حرارة

تفاعل ماص للحرارة 3 N₂O₄(g) ⇌ 2 NO₂(g) + حرارة

تفاعل طارد للحرارة 4 N₂O₄(g) + حرارة ⇌ 2 NO₂(g) + حرارة

مشروع الكيمياء

طريقة هابر اطلب إلى الطلبة إعداد بحث يتعلق بطريقة هابر وأثرها على تطور الزراعة. اخترت طريقة هابر على يد الباحث والكيميائي الألماني فريتز هابر عن طريق تطبيقه لمبدأ لوتشاتلييه. **ض م**

المختبر الصغير

التغير في موضع الاتزان

- كيف يعمل الاتزان على تعديل وضعه عند حدوث تغير في حالة الاتزان؟
- الخطوات**
1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
 2. ضع حوالي 2 ml من محلول كلوريد الكوبلت $\text{CoCl}_2 \cdot \text{II}$ 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. سجل اللون الناتج.
 5. أضف قرابة 2 ml من محلول كلوريد الكوبلت II 0.1M لأنبوب اختبار آخر. وأضف HCl المركز تدريجيًا (نقطة واحدة كل مرة) بحذر، إلى أن يتحول لون المحلول إلى البنفسجي. إذا أصبح لون المحلول أزرق فقم بإضافة الماء حتى يتحول إلى اللون الأرجواني.
- التحليل**
1. فسّر استعمال معادلة التفاعل أدناه لتفسير ملاحظاتك حول اللون في خطوات من 2 إلى 4.
 2. صف كيف يزاح الاتزان عند إضافة طاقة أو إزالتها؟
 3. استنتج من ملاحظاتك حول اللون في الخطوات (6 و 7) ما إذا كان التفاعل ماصًا للحرارة أم طاردًا للحرارة؟

المختبر الصغير

الهدف سيلاحظ الطلبة دليلًا ماديًا لتغير اتجاه الاتزان عند تعرض التفاعل إلى اضطراب.

مهارات عملية التحلل، المقارنة، الرسم، استخلاص النتائج، إدراك المسبب والنتائج.

احتياطات السلامة

اطلب إلى الطلبة الاطلاع على تعليمات السلامة في المختبر قبل بدء التجربة. الانتباه إلى أن HCl المركز مادة كيميائية آكلة وحرارة للجلد والعينين.

تحذير: كلوريد الكوبلت مادة مسرطنة Carcinogenic، لذا لا تتعامل مع غباره في المختبر، وراجع مع الطلبة تعليمات السلامة عند التعامل مع محلول HCl.

التخلص من النفايات عادِل المحاليل باستعمال كربونات الصوديوم الهيدروجينية قبل سكبها في المغسلة.

استراتيجيات التدريس

- راجع كيفية تحضير المحاليل.
- عزّز فكرة أن الأيونات المعقدة هي المسؤولة عن تلون المحاليل.
- ضع HCl في زجاجة قطارة، ويجب أن يتم التعامل مع HCl في غرفة الغازات.

النتائج المتوقعة

سينتج محلول أزرق عند إضافة HCl إلى المحلول البنفسجي، وسيتحول المحلول الأزرق عند إضافة الماء إليه إلى اللون البنفسجي. كما سيتحول المحلول البنفسجي إلى محلول أرجواني في حمام الماء البارد وإلى محلول أزرق في حمام الماء الساخن.

التحليل

1. تدفع أيونات الكلوريد الزائدة الاتزان نحو الأيون الأزرق، أما الماء فيدفعه نحو الأيون البنفسجي.
2. تدفع الحرارة الاتزان نحو المحلول الأزرق، في حين تدفع عملية التبريد المحلول إلى اللون البنفسجي.
3. التفاعل ماصٌ للحرارة.

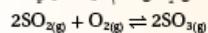
التقويم 5-2

الخلاصة

- مبدأ لوتشاتليه يصف كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة إلى تغيير في التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان ولكن K_{eq} يبقى ثابتًا. والتغير في درجة الحرارة يغير الاتزين معًا: موضع الاتزان وقيمة K_{eq} .

13. **التقويم كيميائية** هس كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان إلى الجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن.

14. هس كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي:



15. **قرر** ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:



16. **عرض** يظهر الجدول تراكيز مادتين A و B في خليط تفاعل. يتفاعلان حسب

المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند مواضع اتزان مختلفة؟

التركيز mol/l		
[B]	[A]	تفاعل
0.0200	0.0100	1
0.500	0.0500	2

17. **صمم** خريطة مفاهيمية توضح طرائق تطبيق مبدأ لوتشاتليه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة التفاعلات في النظام نفسه.

التقويم 5-2

13. يمكن أن يتحول الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلل من أثر التغيرات ومعدل التغيرات في التركيز، والضغط (أو الحجم) ودرجة الحرارة، وعوامل تؤثر في الاتزان.

14. a. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

b. ليس له أي تأثير في الاتزان.

15. درجات حرارة منخفضة.

16. المزيجان عند حالة الاتزان نفسها.

17. يجب أن تظهر خريطة المفاهيم أن تركيز المواد الناتجة تزداد بازدياد تركيز المواد المتفاعلة، أو إزالة (أو تقليل) النواتج، أو رفع درجة الحرارة أو تخفيضها؛ اعتمادًا على كون التفاعل ماصًا أو طاردًا للحرارة.

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسية على الطلبة.

الفكرة الرئيسية

الاتزان في محلول كبريتات الباريوم

اسأل الطلبة: هل تم تصوير القناة الهضمية بالأشعة السينية لأحدهم أو لأحد أقربائهم. اشرح لهم أن الشخص الذي أُجري له مثل هذا التشخيص قد طلب منه تناول محلول كبريتات الباريوم $BaSO_4$ ؛ وذلك لزيادة وضوح الصورة. أشر إلى أن أيونات الباريوم سامة، واسأل: كيف يُطلب من الأشخاص تناولها على الرغم من خطورتها؟ **يعود السبب إلى أن ذوبانية $BaSO_4$ منخفضة جداً، لذا يكون عدد أيونات Ba^{2+} قليلاً نسبياً.** ثم ساعد الطلبة على كتابة معادلة الذوبانية وثابت حاصل الذوبانية لـ $BaSO_4$.

$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_{4}^{2-}_{(aq)}$; $K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}]$
واطلب إليهم البحث عن قيمة k_{sp} لـ $BaSO_4$ في الجدول 3-5، وساعدهم على حساب تركيز أيون الباريوم الفعلي في المحلول المشبع عند درجة حرارة 298k.

$$K_{sp} = 1.1 \times 10^{-10}, [Ba^{2+}] = 1.0 \times 10^{-5} M \quad \text{ض م}$$

2. التدريس

الخلفية النظرية للمحتوى

الاضطراب في حالة الاتزان قد يطبق مهندس الكيمياء الصناعية مبدأ "Le Chatelier" على التفاعل بين H_2 و CO بإزالة أحد الغازين الناتجين أو كليهما عند تكوّنها، وإضافة كميات جديدة من المتفاعلات في الوقت ذاته. وتشكّل كلتا العمليتين اضطراباً في حالة الاتزان يؤدي إلى الحصول على المزيد من المواد الناتجة.

تحديد تراكيز الاتزان الكيميائي للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

تحسب ذوبانية مركب من حاصل الذوبانية للناتج.

تفسر تأثير الأيون المشترك.

مراجعة المفردات

الذوبانية، الكمية القصوى من المذاب التي تذوب في كمية من المذيب عند درجة حرارة وضغط محددتين.

المفردات الجديدة

ثابت حاصل الذوبانية

الأيون المشترك

تأثير الأيون المشترك

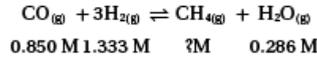
استعمال ثوابت الاتزان

Using Equilibrium Constants

الفكرة الرئيسية يمكن استعمال تعابير ثوابت الاتزان في حساب تراكيز المواد وذوبانيتها.

الربط مع الحياة هل جربت يوماً أن تجلس في المقعد الخلفي للسيارة الممتلئ مع عدد من زملائك؟ أنت تدرك أن هناك حداً لعدد الأشخاص الذي يستطيعون الجلوس في المقعد. تواجه المركبات الأيونية الحالة نفسها عند ذوبانها في المحلول.

حساب التراكيز عند الاتزان $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$
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_2 و CO معروفة.



$$0.850 M \quad 1.333 M \quad ?M \quad 0.286 M$$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

للحصول على $[CH_4]$ اضرب طرفي المعادلة في $[CO][H_2]^3$ واقسم الطرفين على $[H_2O]$

$$[CH_4] = K_{eq} \times \frac{[CO][H_2]^3}{[H_2O]}$$

عوض التراكيز المعروفة بقيمة 3.933

$$[CH_4] = 3.933 \times \frac{(0.850)(1.333)^3}{(0.286)} = 27.7 \text{ mol/l}$$

هل هذه الكمية الناتجة 27.7 mol/l عملية بحيث يمكن تحويل المتبقي من CO و H_2 إلى ميثان؟ هذا يعتمد على تكلفة الميثان. يوضح الشكل 5-16 عبارة عن نقل الغاز الطبيعي إلى الموانئ حول العالم.



الشكل 5-16 تحمل ناقلات النفط كميات كبيرة من الغاز الطبيعي حول العالم لسد الاحتياجات الصناعية والمنزلية. الغاز الطبيعي (الميثان) يستعمل للتدفئة والطبخ.

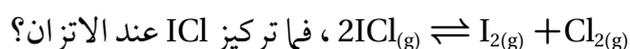
التقويم



المعرفة اطلب إلى الطلبة البحث عن "فلورة مياه الشرب"، والبحث بعمق عن أثر حمض اللعاب في مركب هيدروكسي أبيتايت، Hydroxyapatite وهو المركب الأساس في عظام الفقاريات، وتطبيق ما تعلموه على الأسئلة المتعلقة بفلورة مياه الشرب. **ض م**

مثال في الصف

السؤال إذا كانت قيمة $K_{eq} = 0,110$ للاتزان التالي عند درجة حرارة معينة، وكانت قيم



الإجابة

$$0.110 = \frac{(0.0330)(0.22)}{[\text{ICl}]^2}$$

$$[\text{ICl}]^2 = 0.066$$

$$[\text{ICl}] = 0.257 \text{ mol/l}$$

مسائل تدريبية

18. a. $[\text{CO}] = 0.144 \text{ M}$

b. $[\text{H}_2] = 0.169 \text{ M}$

c. $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0.177 \text{ M}$

19. $K_{eq} = 1.49$

الرياضيات في الكيمياء

ثابت الاتزان وضح أنه عند حل تعابير ثابت اتزان بعض التراكيز قد يتضمن الحل جذورًا. مثال على ذلك، أشر إلى أنه عند إيجاد قيمة $[\text{H}_2]$ في التعبير $K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$ الذي يتضمن الجذر التكعيبي

$$[\text{H}_2]^3 = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}]K_{eq}}$$

$$[\text{H}_2] = \sqrt[3]{\frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}]K_{eq}}}$$

مثال 5-4

حساب تراكيز الاتزان يتفكك كبريتيد الهيدروجين الذي يتميز برائحة كريهة تشبه رائحة البيض الفاسد عند 1405 K إلى هيدروجين وجزء كبريت حسب المعادلة الآتية: $2\text{H}_2\text{S}(g) \rightleftharpoons 2\text{H}_2(g) + \text{S}_2(g)$ ما تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان إذا كان ثابت الاتزان يساوي 2.27×10^{-3} وتراكيز كل من $[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/l}$ و $[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/l}$ ؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت قيمة ثابت الاتزان K_{eq} وتراكيز مادتين من ثلاثة، لذا نستطيع حل معادلة الاتزان وحساب $[\text{H}_2]$. ولأن قيمة K_{eq} أقل من واحد، فإنه يوجد متفاعلات أكثر من النواتج في خليط الاتزان. ولذا نستطيع أن نتوقع أن يكون $[\text{H}_2]$ أقل من 0.184 mol/l ، وهو تركيز المتفاعل H_2S .

المعطيات

$$K_{eq} = 2.27 \times 10^{-3}$$

$$[\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/l}$$

$$[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/l}$$

2 حساب المطلوب

ضع تعبير ثابت الاتزان

حل المسألة لإيجاد $[\text{H}_2]$

اضرب الطرفين بـ $[\text{H}_2\text{S}]^2$ من ثم اقسمهما على $[\text{S}_2]$

أوجد الجذر التربيعي

المطلوب

$$[\text{H}_2] = ? \text{ mol/l}$$

$$\frac{[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]}{[\text{H}_2\text{S}]^2} = K_{eq}$$

$$[\text{H}_2]^2 = K_{eq} \times \frac{[\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{S}_2]}$$

$$[\text{H}_2] = \sqrt{K_{eq} \times \frac{[\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{S}_2]}}$$

$$[\text{H}_2] = \sqrt{(2.27 \times 10^{-3}) \times \frac{(0.184)^2}{(0.0540)}}$$

$$[\text{H}_2] = 0.0377 \text{ mol/l}$$

$$\text{عوض } K_{eq} = 2.27 \times 10^{-3} \text{ و } [\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ mol/l} \text{ و } [\text{S}_2] = 0.0540 \text{ mol/l}$$

اضرب واقسم

تركيز الاتزان لـ H_2 هو 0.0377 mol/l

3 تقويم الإجابة

الإجابة صحيحة، وكما هو متوقع تركيز H_2 عند الاتزان أقل من 0.184 mol/l

مسائل تدريبية

18. ينتج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $\text{CO}(g) + 2\text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$ فإذا كان $K_{eq} = 10.5$ عند درجة حرارة محددة، احسب التراكيز الآتية:

a. $[\text{CO}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.933 mol/l H_2 و 1.32 mol/l CH_3OH

b. $[\text{H}_2]$ في خليط اتزان يحتوي على 1.09 mol/l CO و 0.325 mol/l CH_3OH

c. $[\text{CH}_3\text{OH}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.0661 mol/l H_2 و 3.85 mol/l CO

19. تحدّد في التفاعل العام $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ إذا سمح لـ 1.0 mol/l من A بالتفاعل مع 1.0 mol/l من B في دورق حجمه 1 L إلى أن يصل إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز الاتزان لـ A هو 0.450 mol/l ، فما تركيز الاتزان لكل من المواد الأخرى؟ وما قيمة K_{eq} ؟

دفتر الكيمياء

المواد المتأينة اطلب إلى الطلبة البحث عن الأيونات الموجودة في بلازما دم الإنسان، واطرح لهم أن هذه الأيونات تسمى الإلكتروليتات. واطلب إليهم أيضًا البحث عن آثار زيادة تراكيز هذه الأيونات أو نقصانها في الدم، وكيف يحافظ الجسم بشكل طبيعي على المستويات المناسبة لتراكيزها، ثم اطلب إليهم تلخيص نتائجهم في دفاتر الكيمياء. **ضم**

التعزيز

مبدأ لو تشاتلييه Le Chatelier اطلب إلى الطلبة توضيح كيف تؤثر عملية إضافة أيونات الكبريتات إلى محلول مشبع من كبريتات الباريوم في تركيز أيونات الباريوم. **سينزاح الاتزان، وفقاً لمبدأ لو تشاتلييه، نحو الطرف الذي ينقص تركيز أيونات الكبريتات وعليه يُفضل تكوّن BaSO₄، وإن من شأن مثل هذا التغير التقليل من تركيز أيونات الباريوم. ضم م**

تطوير المفهوم

التعبير الأسي قد يواجه بعض الطلبة صعوبة في المقارنة بين القيم العددية المكتوبة بطريقة التعبير الأسي، لذا ساعدهم على توضيح ذلك وتعميق الفهم لديهم عن طريق تصنيف القيم الآتية، وترتيبها من الأكبر إلى الأصغر:

a. 5.55×10^{-10}

b. 8.40×10^{-5}

c. 1.43×10^{-25}

d. 2.76×10^4

e. 3.44×10^{-3}

f. 9.81×10^{-33}

g. 9.81×10^{-10}

h. 2.50×10^{-10}

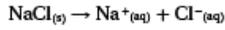
d, e, b, g, a, h, c, f



الشكل 5-17 المياه في البحيرات الكبيرة المالحة أكثر ملوحة من مياه البحر. ويزيد التركيز العائلي للملح من كثافة الماء بشكل كافٍ يسمح للناس أن يطفوا على سطحها.

ثابت حاصل الذوبانية The Solubility Product Constant

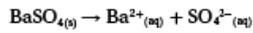
بعض المركبات الأيونية - ومنها كلوريد الصوديوم - يذوب بسرعة في الماء وبعضها الآخر - ومنها كبريتات الباريوم BaSO₄ - يذوب قليلاً في الماء. عند الذوبان تتفكك جميع المركبات الأيونية إلى أيونات.



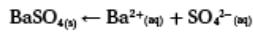
الربط علم الأرض بسبب الذوبانية العالية لكلوريد الصوديوم NaCl، تحتوي المحيطات وبعض البحيرات على كميات كبيرة من الملح. يوضح الشكل 5-17 كمية كبيرة من ملح الطعام نتجت عن جفاف مياه إحدى البحيرات.

في بعض الأحيان تكون الذوبانية المنخفضة مهمة أيضاً؛ فرغم أنّ 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 BaSO₄ بشكل آمن؟

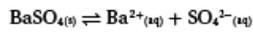
تتفكك كبريتات الباريوم في الماء وفقاً للمعادلة الآتية:



وحيث تتكون الأيونات الناتجة يبدأ التفاعل العكسي يحدث.



ومع الوقت يصل التفاعل إلى حالة الاتزان



تكون سرعة الذوبان للمركبات القليلة الذوبان - ومنها BaSO₄ - متساوية عندما تكون تراكيز الأيونات صغيرة إلى أقصى حد. ومع ذلك يكون المحلول عند الاتزان محلولاً مشبعاً.

كتابة تعبير ثابت حاصل الذوبانية يسمى تعبير ثابت الاتزان للمركبات القليلة الذوبان "ثابت حاصل الذوبانية"، وهو ناتج ضرب تراكيز الأيونات الذائبة كل منها مرفوع لأس يساوي معاملها في المعادلة الكيميائية. أن تركيز المادة النقية يعبر عن

مشروع الكيمياء

الدهانات التي يدخل في صناعتها المركبات الرصاصية اطلب إلى الطلبة البحث عما في المركبات الرصاصية غير الذائبة، والتي كانت تدخل في صناعة الأصباغ أو دهانات الرسم طوال سنوات عدة إلى أن اكتُشف أنها تؤدي إلى تسمم الإنسان، وخصوصاً الأطفال الذين يستخدمونها أو يتعرضون للرصاص الموجود فيها. اطلب إلى الطلبة المهتمين توضيح الألوان الزاهية لهذه المركبات على لوحات الحائط.

ضم م ت ت

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى الجدول 5-5، وتوقع ما قد يحدث عند خلط المحلولين Na₂SO₄ و Pb(NO₃)₂ واسأل: ماذا يمكن أن يحدث إذا أضيف محلول NaI إليهما؟ واطلب إليهم كتابة المعادلات وصيغ ثابت حاصل الذوبانية للاتزان.

ضم م

التعزيز

التركيز الثابتة أشر إلى أن ثوابت الاتزان قد تتضمن تراكيز ثابتة، كما هو الحال في ثوابت حاصل الذوبانية. لذا ذكّر الطلبة بالبند 1-5، حيث تم تضمين تراكيز المواد الصلبة والسائلة عند كتابة صيغ ثوابت الاتزان في حالات الاتزان غير المتجانس.

نظير المفهوم

الاتزان بين الأيونات والمادة الصلبة أكد على الطلبة أنه عند كتابة المعادلات الكيميائية في هذه الحالة، فإن المواد الصلبة تكتب دائماً على أنها متفاعلات (في الجهة اليسرى لأسهم الاتزان)، على حين تكتب الأيونات دائماً على أنها نواتج (في الجهة اليمنى لأسهم الاتزان).

الرياضيات في الكيمياء

استعمال الآلة الحاسبة قد يحتاج الطلبة إلى تدريب إضافي على استعمال الحاسبات في حل المسائل التي تشتمل على قيم بالتعبير الأسّي. وعادة ما يخطئون عند استعمال إشارة الضرب في إدخال الأعداد المكتوبة بطريقة التعبير الأسّي. لذا أشر إلى أنه يرمز إلى مفتاح الأس في معظم الآلات الحاسبة بالرمز EXP، وفي بعضها الآخر بالرمز EE الذي يمثل "10 ×". ولمساعدتهم على القيام بهذه العملية الحسابية، أرشدتهم إلى إدخال أعداد مختلفة من الصيغ الحسابية العلمية، وإجراء هذه الحسابات باستعمال الآلة الحاسبة. **د م**



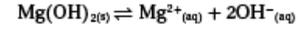
الشكل 18-5 هناك احتمال أفضل للتشخيص عند التعرض للأشعة السينية في منطقة المعدة عند شرب المريض خبثاً كثيراً يحتوي على كبريتات الباريوم، وهي مادة سامة. ولكن لأن ذوبانيتها قليلة فكيفية قليلة منه يمكن أن تذوب في جسم المريض دون أي ضرر.

كثافتها بوحدة mol/l، ويكون ثابتاً 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 الذوبانية لكبريتات الباريوم الذائبة في الماء، إذا كان K_{sp} لهذه العملية 1.1×10^{-10} عند درجة حرارة 298 K.

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] = 1.1 \times 10^{-10}$$

يبدل مقدار قيمة K_{sp} الصغير لـ BaSO₄ على أن النواتج لا تزداد تراكيزها عند الاتزان؛ إذ تركيز أيونات الباريوم عند الاتزان $1.0 \times 10^{-5} M$ ، مما يمكن المريض كما هو موضح في الشكل 18-5 من تناول محلول كبريتات الباريوم بأمان. وعلى سبيل المثال أيضاً، ثابت حاصل الذوبانية لمضاد الحموضة هيدروكسيد الماغنيسيوم $Mg(OH)_2$:



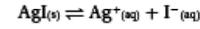
$$K_{sp} = [Mg^{2+}][OH^{-}]^2$$

تعتمد قيمة K_{sp} فقط على تراكيز الأيونات في المحلول المشبع. إلا أن بعض المواد الصلبة غير الذائبة مهما بلغ صغر كميتها، يجب أن تكون موجودة في خليط الاتزان.

يعرض الجدول 3-5 ثوابت حاصل الذوبانية لنواتج بعض المركبات الأيونية. لاحظ أن جميعها أرقام صغيرة. لذا تقاس ثوابت حاصل الذوبانية للنواتج وتسجل فقط للمركبات القليلة الذوبان.

استعمال ثابت حاصل الذوبانية تم تحديد ثابت حاصل الذوبانية للنواتج الموجودة في الجدول 3-5 من خلال إجراء تجارب. وتعد قيم K_{sp} مهمة؛ لأنه يمكن استعمالها في تحديد ذوبانية المركبات القليلة الذوبان. تذكر أن ذوبانية مركب ما في الماء تعني كمية المادة التي تتفكك في حجم معين من الماء عند درجة حرارة معينة.

افترض أنك تريد حساب ذوبانية يوديد الفضة AgI بوحدة mol/l عند 298 K، إذا عرفت أن معادلة الاتزان وصيغة ثابت حاصل الذوبانية.



$$K_{sp} = [Ag^{+}][I^{-}] = 8.5 \times 10^{-17} \quad 298 K$$

يمكن الإشارة إلى ذوبانية يوديد الفضة AgI بـ s، وهي عدد مولات AgI التي تذوب في 1L من المحلول. وبالنظر إلى معادلة الاتزان نجد أن لكل مول من AgI يذوب عدد مساو 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:

$$[Ag^{+}][I^{-}] = (s)(s) = s^2 = 8.5 \times 10^{-17}$$

$$s = \sqrt{8.5 \times 10^{-17}} = 9.2 \times 10^{-9} \text{ mol/l}$$

ذوبانية AgI هي $9.2 \times 10^{-9} \text{ mol/l}$ عند 298 K.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ساعد الطلبة الذين هم دون المستوى، أو من ذوي الاحتياجات الخاصة، بشرح الخطوات الضرورية لحساب الجذور باستعمال الآلات الحاسبة، وخاصة الجذور التي تحتوي على أرقام وصيغ علمية، ودعمهم يقوموا بعدة تمارين حتى يصبحوا قادرين على حل مثل هذه الحسابات العلمية. **د م**

توابت حاصل الذوبانية عند 298 K				الجدول 5-3	
K _{sp}	المركب	K _{sp}	المركب	K _{sp}	المركب
الهيدروكسيدات		الفلوريدات		الكربونات	
4.6 × 10 ⁻³³	Al(OH) ₃	3.5 × 10 ⁻¹¹	CaF ₂	2.6 × 10 ⁻⁹	BaCO ₃
5.0 × 10 ⁻⁶	Ca(OH) ₂	6.6 × 10 ⁻⁶	PbBr ₂	3.4 × 10 ⁻⁹	CaCO ₃
2.2 × 10 ⁻²⁰	Cu(OH) ₂	1.7 × 10 ⁻⁵	PbCl ₂	2.5 × 10 ⁻¹⁰	CuCO ₃
4.9 × 10 ⁻¹⁷	Fe(OH) ₂	3.3 × 10 ⁻⁸	PbF ₂	7.4 × 10 ⁻¹⁴	PbCO ₃
2.8 × 10 ⁻³⁹	Fe(OH) ₃	9.8 × 10 ⁻⁹	PbI ₂	6.8 × 10 ⁻⁶	MgCO ₃
5.6 × 10 ⁻¹²	Mg(OH) ₂	1.8 × 10 ⁻¹⁰	AgCl	8.5 × 10 ⁻¹²	Ag ₂ CO ₃
3 × 10 ⁻¹⁷	Zn(OH) ₂	5.4 × 10 ⁻¹³	AgBr	1.5 × 10 ⁻¹⁰	ZnCO ₃
الكبريتات		8.5 × 10 ⁻¹⁷	AgI	3.6 × 10 ⁻¹⁷	Hg ₂ CO ₃
1.1 × 10 ⁻¹⁰	BaSO ₄	الفوسفات		الكرومات	
4.9 × 10 ⁻⁵	CaSO ₄	9.8 × 10 ⁻²¹	AlPO ₄	1.2 × 10 ⁻¹⁰	BaCrO ₄
2.5 × 10 ⁻⁸	PbSO ₄	2.1 × 10 ⁻³³	Ca ₃ (PO ₄) ₂	2.3 × 10 ⁻¹³	PbCrO ₄
1.2 × 10 ⁻⁵	Ag ₂ SO ₄	1.0 × 10 ⁻²⁴	Mg ₃ (PO ₄) ₂	1.1 × 10 ⁻¹²	Ag ₂ CrO ₄

مثال 5-5

حساب الذوبانية المولارية استعمال قيمة K_{sp} في الجدول 5-3 لحساب ذوبانية mol/l كربونات النحاس II CuCO₃ عند 298 K.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت ثابت حاصل الذوبانية لـ CuCO₃. تمثل تراكيز أيون النحاس وأيون الكربونات علاقة واحد- إلى واحد مع الذوبانية المولارية لـ CuCO₃. استعمال s لتمثيل الذوبانية لـ CuCO₃، ثم استعمال صيغة ثابت حاصل الذوبانية لإيجاد الذوبانية. ولأن K_{sp} في صورة 10⁻¹⁰، لذا يمكنك توقع أن تكون الذوبانية المولارية الجذر التربيعي لـ K_{sp} أو حوالي 10⁻⁵.

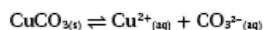
المطلوب

$$s = ? \text{ mol/l}$$

$$K_{sp} = \text{CuCO}_3 = 2.5 \times 10^{-10}$$

2 حساب المطلوب

ضع معادلة كيميائية لانتزان الذوبانية.



$$K_{sp} = [\text{Cu}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 2.5 \times 10^{-10}$$

$$s = [\text{Cu}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}]$$

$$(s)(s) = s^2 = 2.5 \times 10^{-10}$$

$$s = \sqrt{2.5 \times 10^{-10}} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

اربط [Cu²⁺] و [CO₃²⁻] بذوبانية CuCO₃

عوض s بدلاً من [Cu²⁺] و [CO₃²⁻]

حل لإيجاد s واحسب الإجابة

3 تقويم الإجابة

كما هو متوقع، الذوبانية المولارية لـ CuCO₃ حوالي 10⁻⁵ mol/l

مثال في الصف

السؤال ما قيم الذائبية المولارية لـ PbI₂ إذا علمت أن قيمة ksp لـ يوديد الرصاص II عند درجة حرارة 298 k تساوي 9.8 × 10⁻⁹ ؟

الإجابة

$$9.8 \times 10^{-9} = s(2s)^2 = 4s^3$$

$$s^3 = 2.5 \times 10^{-9}$$

$$s = \sqrt[3]{2.5 \times 10^{-9}}$$

$$s = 1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

مسائل تدريبية

$$s = 4.8 \times 10^{-7} \text{ M. a. 20}$$

$$s = 1.3 \times 10^{-5} \text{ M. b}$$

$$s = 5.8 \times 10^{-5} \text{ M. c}$$

$$s = 7.27 \times 10^{-5} \text{ g/mol. 21}$$

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ساعد الطلبة ذوي القدرات المتدنية على حل مسائل الذائبية بإرشادهم إلى خطوات الحل المطلوبة لاتباعها عند حل المسائل، وخاصة طريقة استعمال الآلة الحاسبة لحل مسائل الذوبانية التي تتضمن التعبير الأسي، والجذور، والعلاقات التربيعية والتكعيبية، بالإضافة إلى الجذور التكعيبية. **دم**

مثال في الصف

السؤال ما تركيز أيون الكربونات في محلول مشبع من $ZnCO_3$ عند درجة حرارة 298 K إذا علمت أن k_{sp} للكربونات $ZnCO_3$ عند الدرجة نفسها يساوي 1.5×10^{-10} ؟

الإجابة

$$K_{sp} = [Zn^{2+}][CO_3^{2-}] = s^2$$

$$1.5 \times 10^{-10} = s^2$$

$$s = \sqrt{1.5 \times 10^{-10}}$$

$$s = 1.2 \times 10^{-2} \text{ mol/l} = [CO_3^{2-}]$$

مسائل تدريبية

22.a. $[Ag^+] = 7.3 \times 10^{-7} \text{ M}$

22.b. $[F^-] = 4.2 \times 10^{-4} \text{ M}$

22.c. $[Ag^+] = 1.3 \times 10^{-4} \text{ M}$

23. $s = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$

24. $K_{sp} = 1.7 \times 10^{-10}$

مسائل تدريبية

20. استعمل البيانات في الجدول 5-3 لحساب الذوبانية المولارية mol/l للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K

a. $PbCrO_4$. b. $AgCl$. c. $CaCO_3$

21. تحدّد إذا علمت أن K_{sp} لكربونات الرصاص $PbCO_3$ يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K، فما ذوبانية كربونات الرصاص g/l ؟

مثال 5-6

حساب تركيز الأيون هيدروكسيد الماغنيسيوم مادة صلبة بيضاء يمكن الحصول عليها من مياه البحر واستعمالها في صنع الكثير من الأدوية الطبية. وخصوصاً في الأدوية التي تعمل على معادلة حموضة المعدة الزائدة. احسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول هيدروكسيد الماغنيسيوم المشبع $Mg(OH)_2$ عند 298 K إذا علمت أن $K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت 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 ضعف عدد مولات $Mg(OH)_2$ الذائبة. يمكنك استعمال هذه العلاقات لكتابة صيغة ثابت حاصل الذوبانية في صورة متغير واحد. ولأن صيغة ثابت حاصل الذوبانية معادلة تكعيبة، يمكنك توقع أن $[OH^-]$ تساوي تقريباً الجذر التكعيبي لـ 10^{-4} أو حوالي 10^{-4} .

المعطيات

$$K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$$

المطلوب
 $[OH^-] = ? \text{ mol/l}$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية متوازنة للاتزان

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 $[OH^-] = 2x$

عوّض عن $[OH^-] = 2x - [Mg^{2+}]$

$$(x)(2x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$(x)(4)(x)^2 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$4x^3 = 5.6 \times 10^{-12}$$

$$x^3 = \frac{5.6 \times 10^{-12}}{4} = 1.4 \times 10^{-12}$$

$$x = [Mg^{2+}] = \sqrt[3]{1.4 \times 10^{-12}} = 1.1 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

استعمل الآلة الحاسبة لإيجاد الجذر التكعيبي

اضرب $[Mg^{2+}]$ في 2 للحصول على $[OH^-]$

$$[OH^-] = 2[Mg^{2+}] = 2(1.1 \times 10^{-4} \text{ mol/l}) = 2.2 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

3 تقويم الإجابة كما هو متوقع $[OH^-]$ حوالي 10^{-4} mol/l

مسائل تدريبية

22. استعمل قيم K_{sp} الموجودة في الجدول 5-3 لحساب:

a. $[Ag^+]$ في محلول $AgBr$ عند الاتزان. b. $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 . c. $[Ag^+]$ من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.

23. احسب ذوبانية Ag_3PO_4 إذا علمت أن قيمة K_{sp} له تساوي 8.9×10^{-17} .

24. تحدّد ذوبانية كلوريد الفضة تساوي $1.86 \times 10^{-4} \text{ g/100g}$ في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ $AgCl$ ، علماً بأن كثافة الماء تساوي 1 g/ml .

مشروع الكيمياء

حساب الذوبانية المولارية من K_{sp} اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة الاتزان لذوبانية كربونات الفضة، ثم حساب الذوبانية المولارية للمركب في الماء عند 298K. **ضم**



الذي يتفكك Ag_2CO_3 mol/l

$$[CO_3^{2-}] = s \text{ mol/l}, [Ag^+] = 2s \text{ mol/l}$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [CO_3^{2-}]$$

$$8.5 \times 10^{-12} = (2s)^2 (s) = 4s^3$$

$$s = 1.3 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$



المهارة اطلب إلى الطلبة البحث عن 5 مركبات، قيم K_{sp} لها مختلفة، واطلب إليهم استعمال هذه القيم لحساب الذوبانية المولارية للمركبات، والذائبية بالجرامات لكل لتر من المحلول.



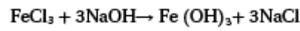
المهارة لتقويم مدى فهم الطلبة لكيفية حساب تركيز الأيونات عند خلط المحاليل، اطلب إليهم أن يحددوا تركيز الأيونات النهائي في المحلول الناتج عن خلط كميات متساوية من محلول 0.100M من NaCl ومحلول 0.100M من $BaCl_2$.

$$[Na^+] = 0.050M, [Ba^{2+}] = 0.050M,$$

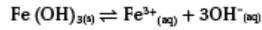
$$[Cl^-] = 0.150M \quad \text{ضم}$$

ماذا قرأت؟ سيتكون راسب إذا كان تركيز Fe^{3+} و $Fe(CN)_6^{4-}$ أكبر من تركيز الأيونات التي توجد في المحلول المشبع من $Fe_4(Fe(CN)_6)_3$.

توقع الرواسب إذا تم خلط أحجام متساوية من محاليل مائية تركيز كل منها 0.10M من كلوريد الحديد III $FeCl_3$ مثلاً، وهيدروكسيد الصوديوم NaOH يتكون راسب بني محمر، كما هو مبين في الشكل 19-5. فيحدث تفاعل الإحلال المزدوج الآتي:



يمكنك أن تستعمل K_{sp} لتتوقع ما إذا يتكون راسب عند خلط أي محلولين أيونيين. في التفاعل السابق، يمكن أن يتكون راسب في حال أن الناتج NaCl أو $Fe(OH)_3$ له ذوبانية قليلة. تعرف أن NaCl مركب ذائب، لذا لا يمكنه أن يترسب. ولكن K_{sp} لـ $Fe(OH)_3$ يكون رقماً صغيراً جداً وهو 2.8×10^{-39} ، وهو ما قد يجعل $Fe(OH)_3$ يترسب إذا كانت تراكيز أيوناته كبيرة بشكل كافٍ. ماذا تعني بكبيرة بشكل كافٍ؟ من الممكن أن يحدث اتزان ما بين الراسب الصلب $Fe(OH)_3$ وأيوناته في المحلول، كما هو مبين في المعادلة:



عند خلط محاليل $FeCl_3$ و NaOH، وإذا كانت تراكيز أيونات Fe^{3+} و OH^- أكبر من تراكيزها الناتجة في المحلول المشبع لـ $Fe(OH)_3$ فسيزاح في هذه الحالة الاتزان نحو اليسار، وسوف يترسب $Fe(OH)_3$. وتوقع تكوّن راسب عند خلط محلولين عليك أولاً أن تحسب تراكيز الأيونات.

ماذا قرأت؟ وضع الظروف التي يمكنك من توقع تكون راسب.

حساب تراكيز الأيون يوضح الجدول 4-5 تراكيز أيونات المتفاعلات والناتج في المحاليل الأصلية 0.10M NaOH و 0.10M $FeCl_3$ ، وأيضاً 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 أيضاً أن $[Na^+]$ يساوي $[OH^-]$ ؛ لأن نسبة Na^+ إلى OH^- تساوي 1:1. إضافة إلى ذلك، لاحظ أن تركيز كل أيون في الخليط هو نصف تركيزه الأصلي؛ وذلك لأنه عند خلط حجمين متساويين من محلولين، فإن نفس عدد الأيونات سوف يذوب في ضعف الحجم الأصلي. ولذلك يقل التركيز بمقدار النصف.

والآن بإمكانك استعمال البيانات الموجودة في الجدول لتحاول معرفة ما إذا كانت تراكيز Fe^{3+} و OH^- في محلول الخليط من كليهما تفوق قيمة K_{sp} عند تعريضها في تعبير ثابت ذوبانية الناتج. $K_{sp} = [Fe^{3+}][OH^-]^3$

الجدول 4-5	تراكيز الأيونات
المحلول الأصلي	الخليط
mol/l	mol/l
$[Fe^{3+}] = 0.10$	$[Fe^{3+}] = 0.050$
$[Cl^-] = 0.30$	$[Cl^-] = 0.15$
$[Na^+] = 0.40$	$[Na^+] = 0.20$
$[OH^-] = 0.10$	$[OH^-] = 0.050$

الشكل 19-5 ولأن ثابت الأيون الناتج Q_{sp} أكبر من K_{sp} يمكنك أن تتوقع أن $Fe(OH)_3$ سيكون راسباً.



التنوع الثقافي

التنوع الثقافي الصبغ الأزرق البروسي Prussian Blue الاسم الشائع للمركب الأزرق الداكن القليل الذوبانية فروسيانيد البوتاسيوم هو الصبغ الأزرق Prussian blue. وقد اشتق الاسم الأصلي للمركب من استعماله صبغاً للزّي الرسمي للجيش الألماني. فقد اكتشف صانع أصباغ ألماني في برلين يُدعى ديسباتش الصبغ الأزرق الداكن مصادفة في عام 1704م، وظن خطأ أنه سيكون أحمر اللون لأنه صنّع من دمّاء الماشية. وبعد الصبغ الأزرق الداكن من أوائل الأصباغ الصناعية التي اكتشفت حديثاً. هذا وقد أسندت عملية صناعة هذا الصبغ بعد اكتشافه عام 1704م، إلى دي بيير وهو أحد طلبة ديسباتش الذي بدأ تصنيع هذا الصبغ في باريس. وقد ذكر الرسّام الهولندي سيمون إكنلينبيرغ هذا الصبغ في مخطوطته عن "الألوان والرسم عام 1722م". وفي عام 1724م انتشر تصنيع هذا الصبغ في إنجلترا.

مثال في الصف

السؤال هل يتكوّن راسب عند خلط كميات متساوية من محلول 0.020M من $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ، ومحلول 0.0064 M من NaF عند درجة حرارة 298 K، إذا علمت أن K_{sp} لـ $\text{CaF}_2 = 3.5 \times 10^{-11}$ عند 298 K؟

الإجابة سيتكوّن راسب من CaF_2

$$Q_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = (0.010)(0.0032)^2 = 1.0 \times 10^{-7}$$

$$Q_{sp} > K_{sp}$$

الخلفية النظرية للمحتوى

ألوان المواد المترسبة والتحليل الكيفي اشرح للطلبة أن ألوان المواد المترسبة تعدّ في العادة خاصة لبعض المركبات، وتستخدم لتأكيد وجود أيون معين في المحلول. فمثلاً، للكشف عن وجود أيونات الحديد III في محاليلها، تضاف بضع قطرات من محلول المركب هيكساسيانوفيرات II البوتاسيوم Potassiumhexacyanoferrate II إلى محلول يحتوي على أيونات الحديد III، فينتج راسب أزرق غامق من هيكساسيانوفيرات II الحديد III. Iron III hexacyanoferrate II

تذكر أنك لم تحدد ما إذا كان المحلول مشبعاً أم لا، ولذا فإن ناتج عملية التعويض لا يكون بالضرورة ثابت حاصل الذوبانية الناتج، ولكنه يسمى الحاصل الأيوني Q_{sp} ، وهو قيمة مجزئة نستطيع مقارنتها بـ K_{sp}

$$Q_{sp} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^{-}]^3 = (0.050)(0.050)^3 = 6.25 \times 10^{-8}$$

يمكنك الآن مقارنة Q_{sp} بـ K_{sp} ، ومن هذه المقارنة يمكن أن نستنتج إحدى ثلاثة أمور: Q_{sp} أقل من K_{sp} ، أو مساوٍ لـ K_{sp} ، أو أكبر من K_{sp} .

1. إذا كان $Q_{sp} < K_{sp}$ فإن المحلول غير مشبع، ولا يتكوّن راسب.
2. إذا كان $Q_{sp} = K_{sp}$ فإن المحلول مشبع، ولا يحدث تغير.
3. إذا كان $Q_{sp} > K_{sp}$ ، فسوف يتكوّن راسب، 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 مشبعاً. في حالة الاتزان لـ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ يكون $Q_{sp} = 6.25 \times 10^{-8}$ أكبر من K_{sp} الذي يساوي 2.8×10^{-39} ، فيتكوّن راسب بني محمر اللون، هو $\text{Fe}(\text{OH})_3$ كما هو موضح في الشكل 19-5.

مثال 5-7

توقع تكون راسب توقع ما إذا كان سيتكوّن راسب PbCl_2 عند إضافة 100 ml من 0.0100 M NaCl إلى 100 ml من 0.0200 M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ علماً بأن K_{sp} للمركب يساوي 1.7×10^{-5}

تحليل المسألة

لقد أعطيت حجمين متساويين من محلولين تركيزهما معلومين. التراكيز الأولية للمحاليل تسمح لك بحساب تراكيز أيونات Pb^{2+} و Cl^{-} في المحلول الناتج عن خلطها.

المعطيات

100 ml من 0.0100 M NaCl

100 ml من 0.0200 M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

$K_{sp} = 1.7 \times 10^{-5}$

حساب المطلوب

ضع معادلة ذوبان PbCl_2

ضع صيغة Q_{sp}

مزج المحاليل بخفّف تركيزها إلى النصف.

اقسم $[\text{Pb}^{2+}]$ على 2

اقسم $[\text{Cl}^{-}]$ على 2

عوض عن $[\text{Pb}^{2+}] = 0.0100\text{M}$ ، $[\text{Cl}^{-}] = 0.00500\text{M}$

فإن $Q_{sp} > K_{sp}$

لذا لا يتكوّن الراسب

تقويم الإجابة

Q_{sp} أقل من K_{sp} . الأيونات Cl^{-} و Pb^{2+} لا توجد بتركيز عالية بقدر كافٍ في المحلول لتكون راسب.

دفتر الكيمياء

الأيونات المتفرجة ونشاطها

اطلب إلى الطلبة القادرين والمهتمين البحث عن تأثير الأيونات المتفرجة في الذوبانية (الأيونات نفسها التي تظهر في طرفي المعادلة الكيميائية، ويمكن اختصارها للحصول على المعادلة الكلية). وتعمل الأيونات المشتركة على زيادة ذوبانية المركبات الأيونية في المحاليل المائية. اطلب إليهم تفسير كيف أن نشاط هذه الأيونات يزودنا بقيمة ثابت اتزان أكثر دقة. ثم اطلب إليهم كتابة نتائجهم في دفاتر الكيمياء. **ف م**

مسائل تدريبية

25. استعمل قيم K_{sp} من الجدول 3-5 لتتوقع ما إذا كان سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية:
- a. $0.10M Pb(NO_3)_2$ و $0.030M NaF$
- b. $0.25M K_2SO_4$ و $0.010M AgNO_3$
26. تحدّد هل يتكون راسب عند إضافة 250 ml من 0.20 M MgCl_2 إلى 750 ml من 0.0025 M NaOH

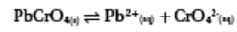
تأثير الأيون المشترك The Common Ion Effect

ذوبانية كرومات الرصاص $PbCrO_4$ في الماء تساوي $4.8 \times 10^{-7}\text{ mol/l}$ عند درجة الحرارة 298 K . وهذا يعني أنك تستطيع تفكيك وإذابة $4.8 \times 10^{-7}\text{ mol}$ من $PbCrO_4$ في 1.00 L من الماء النقي.

ولكنك لا تستطيع إذابة $4.8 \times 10^{-7}\text{ mol}$ من $PbCrO_4$ عند درجة الحرارة نفسها في 1.00 L من محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 الذي تركيزه 0.10 M .

لماذا يعد $PbCrO_4$ أقل ذوبانية في المحلول المائي لـ K_2CrO_4 من الماء النقي؟

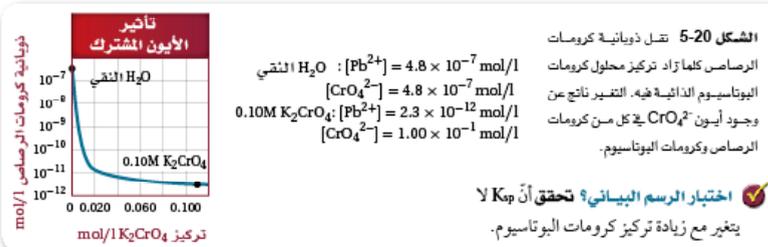
معادلة التوازن الذوبانية لـ $PbCrO_4$ ، وتعبير ثابت حاصل الذوبانية:



$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

تذكر أن K_{sp} ثابت عند أي درجة حرارة معطاة، لذا إذا زاد تركيز Pb^{2+} أو تركيز CrO_4^{2-} في نظام متزن فإن تركيز الأيون الأخر سوف يقل؛ لأن ناتج ضرب تراكيز الأيونين يساوي دائماً 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 أيوناً مشتركاً، لأنه جزء من المركبين K_2CrO_4 و $PbCrO_4$.

يوضح الشكل 20-5 أثر الأيون المشترك CrO_4^{2-} في ذوبانية $PbCrO_4$. الأيون المشترك هو أيون مشترك بين اثنين أو أكثر من المركبات الأيونية. ويسمى انخفاض ذوبانية المادة بسبب وجود أيون مشترك تأثير الأيون المشترك.



مسائل تدريبية

25. a. يتكون راسب من PbF_2 لأن $Q_{sp} > K_{sp}$
- b. لا يتكون راسب لأن $Q_{sp} < K_{sp}$
26. سيتكون راسب

عرض عملي

تأثير الأيون المشترك البس معطف المختبر، وضّع النظارات الواقية قبل بدء العمل. بيّن تأثير الأيون المشترك بإضافة 3 ml إلى 4 ml من HCl المركز إلى 5 ml من محلول $NaCl$ المشبع في أنبوب اختبار، ثم أضف $3-4\text{ ml}$ من محلول $NaOH$ بتركيز 50% إلى 5 ml من محلول $NaCl$ المشبع في أنبوب اختبار آخر.

تحذير: محاليل HCl و $NaOH$ محاليل آكلة للجلد. وبما أن كلاً من محلولي HCl و $NaOH$ يضيف أيونات مشتركة إلى المعادلة $NaCl(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + Cl^-(aq)$ في حالة الاتزان، لذا فإنهما يعملان على تقليل ذوبانية $NaCl$ ، وبالتالي يتكون الراسب.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة شرح طريقتين لاستعمال تأثير الأيون المشترك في التقليل من ذوبانية يوديد الفضة في المحلول المائي. زيادة تركيز أيونات الفضة عن طريق إضافة مركب من مركبات الفضة الذائبة، أو زيادة تركيز أيونات اليوديد بإضافة مركب يوديد ذائب. **ضم**

■ **إجابة سؤال الشكل 20-5** تمثل الحالتان حالتي اتزان. وعلى الرغم من اختلاف التراكيز، إلا أن حاصل ضرب الأيونات في كل محلول مشبع يجب أن يساوي K_{sp} .

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة المتفوقين حساب الذوبانية المولارية ليوديد الرصاص II في محلول يوديد البوتاسيوم الذي تركيزه 0.422 M عند درجة حرارة 298 K ، حيث يمكنهم حساب الذوبانية اعتماداً على تركيز أيون Pb^{2+} . دعهم يكتبوا تراكيز الأيونات قبل إضافة PbI_2 ، ثم التغير في التركيز نتيجة لإضافة PbI_2 ، والتراكيز عند الاتزان. عندها يمكنهم إدخال قيم التراكيز عند الاتزان في صيغة حاصل ضرب الأيونات لحساب قيمة Q_{sp} ، ولتجنب حل معادلة تربيعية، يمكن تبسيط القيم باستعمال بعض الفرضيات. لذا اطلب إليهم تحديد مثل هذه الفرضيات وتبرير استعمالها. **الفرضية هي أن قيمة $2s$ ضئيلة جداً عند مقارنتها بقيمة 0.422 M .**

$$s = 2.3 \times 10^{-4}\text{ mol/l} \quad \text{ف م}$$

3. التقويم

التحقق من الفهم

اسأل: كيف يستعمل التركيز المولاري لمركب صلب في حساب ذوبانية المركب في الماء؟ **لا يستعمل.**

إعادة التدريس

ساعد الطلبة بكتابة صيغة ثابت حاصل الذوبانية لنتائج تفاعل هيدروكسيد الحديد III و فوسفات الكالسيوم.

$$K_{sp} = [Fe^{3+}][OH^{-}]^3; K_{sp} = [Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2$$

التوسُّع

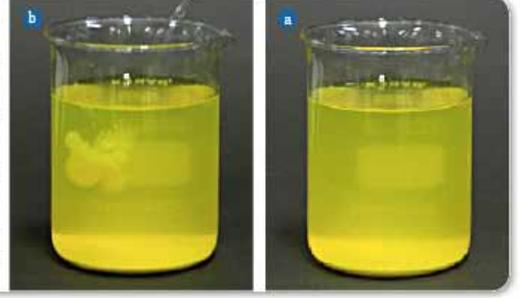
قد يفاجأ الطلبة عندما يعرفون أن الأيونات المشتركة بين المتفاعلات والنواتج تزيد ذوبانية المركب الأيوني في المحلول المائي؛ لذلك وضح لهم أن الأيونات في المحلول تستطيع بذل قوة كبيرة بعضها على بعض، مما يؤدي إلى زيادة قيمة K_{sp} بزيادة تركيز الأيونات. **ض م**

التقويم

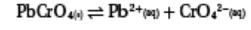
المهارة اطلب إلى الطلبة توقع صيغ المواد الراسبة التي يمكن أن تتشكل عند خلط المحاليل المائية للمركبات الآتية:

- كلوريد النحاس II و كربونات الصوديوم. $CuCO_3$
- كبريتات الماغنيسيوم وحمض الفوسفوريك. $Mg_3(PO_4)_2$
- نترات الرصاص II و فلورايد الليثيوم. PbF_2

الشكل 5-21 لروية أتر إضافة أيونات الكرومات على ذوبانية كرومات الرصاص. إضافة أيونات Pb^{2+} في صورة نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ تؤثر أيضًا على ذوبانية كرومات الرصاص في الصورة

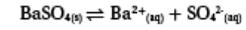


تطبيق مبدأ لوتشاتيليه يوضح الشكل a 5-21 المحلول المشبع لكرومات الرصاص $PbCrO_4$. لاحظ المادة الصلبة الصفراء $PbCrO_4$ في قاع الكأس؛ فهي في حالة اتزان مع المحلول، كما هو موضح في المعادلة الآتية:



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 5-21؛ وذلك لأن أيونات Pb^{2+} المشتركة بين المادتين $Pb(NO_3)_2$ و $PbCrO_4$ ، تقلل من الذوبانية لـ $PbCrO_4$. هل يمكن تفسير ترسيب $PbCrO_4$ وفقًا لمبدأ لوتشاتيليه؟ إن إضافة أيون Pb^{2+} إلى اتزان الذوبانية 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 الذوبانية المنخفضة لـ $BaSO_4$ تساعد على التأكد من أن كمية أيون الباريوم السام المنص من قبل الجهاز الهضمي للمريض قليلة لدرجة غير مؤذية. ولتزيد من الوقاية يتم إضافة كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، وهو مركب أيوني ذات يوفر الأيون المشترك SO_4^{2-}



حسب مبدأ لوتشاتيليه 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.

دفتر الكيمياء

الذوبانية والتحليل الكيفي اطلب إلى الطلبة البحث عن طريقة استعمال الذوبانية في التحليل الكيفي؛ وذلك لفصل الأيونات الموجبة الشحنة مثل Cu^{2+} ، Zn^{2+} ، والأيونات الثلاثية الشحنة الموجبة مثل Fe^{3+} . ثم اطلب إليهم كتابة تفسيراتهم المدعومة بالمعادلات في دفاتر الكيمياء. **ض م**

مختبر تحليل البيانات

الهدف

يستخدم الطلبة حسابات حاصل الذوبانية في الكشف عن مدى فاعلية الفلورايد في الحفاظ على الأسنان من التسوس.

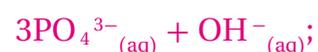
المهارات العملية

استعمال الأرقام، استخلاص النتائج، التفكير الناقد، وتطبيق المفاهيم.

استراتيجيات التدريس

- أخبر الطلبة كيف اكتشفت آثار الفلورايد عندما تبين أن نسبة تسوس الأسنان لدى الناس الذين كانوا يستخدمون مياه الشرب المحتوية على تراكيز عالية من الفلورايد، أقل من النسب العادية لدى الناس الآخرين. ولذلك فإن العديد من المجتمعات الآن تضيف الفلورايد إلى مياه الشرب.
- اشرح للطلبة أنه لو كان اللعاب راکدًا في الفم، وخاليًا من الميكروبات، لحدث اتزان بين هيدروكسي أباتيت وأيوناته في المحلول، ولما حدث تآكل في مينا الأسنان. ولذلك فإن تدفق اللعاب يمنع تكوّن اتزان حقيقي فلا يحدث إعادة الترسيب الذي يحدث التسوس للأسنان.

التفكير الناقد



لا يُعد الفم نظامًا مغلقًا؛ وذلك لأن اللعاب يُنتج ويتّم ابتلاعه بانتظام.

مختبر تحليل البيانات

تطبيق التفسيرات العلمية

فهي عملية عكسية تحدث عندما يوجد هيدروكسي الأباتيت في محلول مع أيونات الفلورايد؛ إذ يحدث تفاعل إحلال مزدوج يستبدل أيون الفلورايد بأيون الهيدروكسيد لتكوين فلوروأباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. $K_{sp} = 1 \times 10^{-60}$ يعيد الفلوروأباتيت بناء مينا الأسنان، ولذلك فإنه يعمل جزئيًا على هيدروكسي الأباتيت، حيث الفلوروأباتيت أقل ذوبانية 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 وفلورايد الصوديوم.
3. احسب ذوبانية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثم قارن ذوبانيتها.

كيف يمنع أيون الفلورايد تسوس الأسنان؟ إن أغلب الناس يستعملون معجون أسنان يحتوي على فلورايد الصوديوم، أو فلورايد القصدير. استعمل معرفتك بذوبانية المركبات الأيونية والتفاعلات العكسية لكشف ومعرفة دور أيون الفلورايد في حفظ الأسنان من التسوس.



التحليل

تتكون مينا الأسنان من 98% من هيدروكسي الأباتيت $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ وعلى الرغم من أنه مادة غير ذائبة في الماء $K_{sp} = 6.8 \times 10^{-37}$ إلا أن تحليل المينا ينتج عن ذوبان هيدروكسي الأباتيت، وخصوصا عندما يحتوي اللعاب على أحماض. أما عملية بناء مينا الأسنان

التقويم 3-5

الخلاصة

27. **الفكرة الرئيسية** اكتب المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان.
28. **فكر** كيف تستخدم ثابت حاصل الذوبانية في حساب ذوبانية مركب أيوني قليل الذوبان.
29. **صف** كيف يقلل وجود الأيون المشترك ذوبانية المركب الأيوني.
30. **وضح** الفرق بين K_{sp} و Q_{sp} . وهل يعد Q_{sp} ثابت اتزان؟
31. **احسب** ذوبانية كربونات الماغنيسيوم MgCO_3 في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9} ؟
32. **مسم** تجرئة اعتمادًا على الذوبانية لتوضح أي الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي؟



ذوبانية هيدروكسي الأباتيت أكبر بـ 450 مرة من ذوبانية الفلوروأباتيت.



التقويم 3-5

27. تراكيز المتفاعلات وجميع النواتج و K_{sp} .

28. اكتب معادلة الاتزان الذائبية وصيغة ثابت حاصل ضرب الذوبانية للناتج. لتكن قيمة $S =$ الذائبية المولية للمركب، استبدل مضاعفات S المناسبة في تعبير ثابت حاصل ضرب الذوبانية وأوجد قيمة S .

29. يقلل الأيون المشترك الذوبانية بتحويل اتجاه الاتزان نحو المادة الصلبة الراسبة.

30. Q_{sp} هو حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركب أيوني. وتُقاس للمقارنة بقيمة K_{sp}

التي تعبر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة في محلول مشبع. ويعد K_{sp} ثابت الاتزان، بينما لا يعد Q_{sp} ثابت اتزان.



32. بما أن كرومات الماغنيسيوم ذائبة وكرومات الرصاص غير ذائبة،

لذا أضف 10.0 ml من محلول كرومات البوتاسيوم 0.10 M

إلى 100.0 ml من محلول مائي غير معروف. فإذا احتوى

المحلول المجهول على أيون الماغنيسيوم، فلن يتشكل راسب

من MgCrO_4 . أما إذا احتوى المحلول المجهول على أيون

الرصاص II فسوف تترسب PbCrO_4 الصلبة الصفراء اللون.

الهدف

سيتعلم الطلبة كيف يقوم الاتزان بين الهيموجلوبين - الأكسجين بنقل الأكسجين من الرئتين إلى العضلات والأنسجة الأخرى، وكيفية تأثر هذا الاتزان عند الانتقال إلى الارتفاعات العالية.

الخلفية النظرية

يحتوي كل جزيء هيموجلوبين على اثنتين من سلاسل البروتين من النوع - ، واثنتين من سلاسل البروتين من النوع - ، ويمتلك كل منهما مركباً صبغياً يستطيع الارتباط مع جزيء أكسجين، وعليه يستطيع كل جزيء هيموجلوبين الارتباط بـ 4 جزيئات أكسجين لتكوين مركب أحمر فاتح يزود الدم الشرياني باللون الأحمر. وعندما تتحرر جزيئات الأكسجين، تحل محلها جزيئات ثاني أكسيد الكربون التي تشكل مركباً أزرق يزود الدم الوريدي باللون الأزرق الفاتح. ويرتبط أيون Fe^{2+} المركز في الصبغ heme بأربع روابط تعاونية مع أربع ذرات نيتروجين موجودة في حلقة البورفيرين Porphyrin ring بالإضافة إلى ذرة نيتروجين موجودة في سلسلة بروتين. وبما أن أيون Fe^{2+} يكون على الأغلب سداسي التساهمية، لذا يستطيع جزيء الأكسجين تشكيل رابطة تساهمية تعاونية مع المواقع الستة المتوفرة.

استراتيجيات التدريس

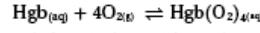
- اطلب إلى الطلبة تفسير المثال التوضيحي للإجابة عن السؤال التالي: ما الوسيلة التي يستطيع المتسلقون استعمالها للقيام بأنشطة التسلق الشاقة عندما يكون الهواء خفيفاً جداً عند الارتفاعات العالية؟ يستطيع المتسلقون استعمال أجهزة التنفس الإضافية.
- راجع مع الطلبة الروابط التساهمية.
- اشرح للطلبة تركيب المركب المعقد heme، وكيف يمكن لجزيء الأكسجين الارتباط بأيون Fe^{2+}



الشكل 2 على قمة إفرست، يمكن للمتسلق الصعود إلى مخيم II، ثم ينزل إلى المخيم الأرضي، ثم يصعد إلى المخيم (III)؛ استعداداً للوصول إلى أعلى القمة.

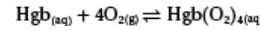
في الجبال In the mountains يستجيب الاتزان لجهد هواء الجبال بإنتاج الأكسجين بسرعة عالية. ويتم لإزاحة الاتزان إلى اليسار محزراً جزيئات الأكسجين في الرئة، تاركاً

القليل من الهيموجلوبين المتأكسد في الدم



تركيز الهيموجلوبين المؤكسد المنخفض في الدم يعني أن جزيئات الأكسجين تحررت في أجزاء أخرى من الجسم. ولأن مقدار الطاقة الناتج قليل لذا 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



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 يؤقلموا أجسامهم على الارتفاعات العالية قبل البدء في صعود القمة.

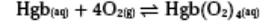
التجربة في الكيمياء ابحث عن أزمة الاحتناق عند النوم، كيف يمكن لحدوث الاحتناق أن يؤثر في اتزان هيموجلوبين الجسم؟

ارتفاع الهيموجلوبين إلى مستوى التحدي

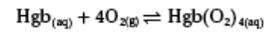
عندما يسافر الناس إلى الجبال يشعرون عادة بالتعب، ويصابون بدوار. والسبب في ذلك هو أن هواء الجبل يحتوي على القليل من جزيئات الأكسجين، كما هو موضح في الشكل 1. ومع مرور الوقت يقل الإعياء؛ لأن الجسم يتكيف مع هذا النقص في الأكسجين بإنتاج المزيد من البروتين الذي يسمى الهيموجلوبين.

اتزان الهيموجلوبين - أكسجين Hemoglobin-oxygen equilibrium

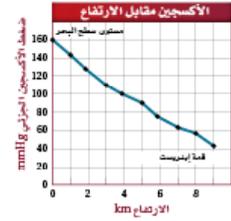
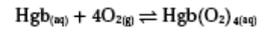
يرتبط الهيموجلوبين Hgb بجزيئات الأكسجين التي تدخل دورة الدم في جسمك. منتجة الهيموجلوبين المؤكسد $Hgb(O_2)$ ، ويمكن تمثيل اتزان Hgb و O_2 في المعادلة الآتية:



في المرتفعات عندما تنفست تتحرك جزيئات الأكسجين إلى دمك، ويستجيب الاتزان للجهد باستهلاك جزيئات الأكسجين بسرعة عالية. ويتم لإزاحة الاتزان نحو اليمين، ويزداد تركيز $Hgb(O_2)$ في الدم.



في الأنسجة عندما يصل $Hgb(O_2)$ إلى أنسجة الجسم التي يكون فيها تركيز الأكسجين منخفضاً يزاح الاتزان نحو اليسار، ويتحرر الأكسجين ليسمح لحدوث عملية الأيض التي من شأنها توليد الطاقة.



الشكل 1 يكون الضغط الجزئي لـ O_2 في القمة أكثر انخفاضاً، وكل نفس يستنشق الإنسان يحتوي على جزيئات O_2 قليلة.

* للإطلاع فقط

الكتابة في الكيمياء

البحث قد يؤدي انقطاع التنفس في أثناء النوم إلى تقليل كمية الأكسجين في الرئتين. ويحدث الأثر نفسه الناتج عن التنفس في هواء الجبال المرتفعة. ويسبب الاتزان إنتاج الأكسجين بمعدل مرتفع مما يدفع جزيئات الأكسجين إلى البقاء في الرئتين فيؤدي ذلك إلى خروج الدم حاملاً معه كميات قليلة من الأكسجين. ويؤدي التركيز المنخفض لأكسجين هيموجلوبين الدم المؤكسد إلى تحرير كمية أقل من جزيئات الأكسجين في الأجزاء الأخرى من الجسم؛ ونتيجة لذلك ستنجح طاقة أقل تؤدي إلى شعور الشخص بالإعياء والتعب.

مختبر الكيمياء

ثابت حاصل الذوبانية

الزمن المخصص 30 دقيقة.

المهارات العملية الملاحظة والاستنتاج، المقارنة، استخلاص النتائج، واستعمال الأرقام.

احتياطات السلامة اطلب الى الطلبة الاطلاع على احتياطات السلامة في المختبر قبل بدء العمل، ويجب أن يرتدي الطلبة معطف المختبر ويضعوا النظارات الواقية، ويغسلوا أيديهم بعد إنهاء التجربة. ثم راجع مع الطلبة تعليمات السلامة للتعامل مع $AgNO_3$ و Na_2S . تحذير: Na_2S مادة آكلة وتطلق غاز H_2S السام عند تفاعلها مع الأحماض.

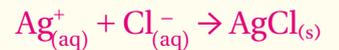
التخلص من النفايات استعمل قارورة خاصة لنقل محتويات صفيحة الفجوات إلى وعاء النفايات، ثم تخلص منها في مكب النفايات الخاص بالمواد السامة بعد استرجاع الفضة لإعادة استعمالها.

تحضير المحاليل راجع كيفية تحضير المحاليل.

خطوات العمل

- ضع كمية صغيرة من كل محلول في الأوعية المخصصة لذلك في المختبر.
- تعرف الأخطاء وتصحيحها يجب استعمال القطارات مع محلول واحد فقط؛ لأن تلوث المحاليل يؤدي إلى تكوّن رواسب.

حل واستنتاج



$$2. K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = 1.8 \times 10^{-10}$$



4. $AgCl$: أبيض ؛ Ag_2S : أسود

5. $AgCl$ أكثر ذوبانية.

6. تكون أيونات الفضة في حالة اتزان مع $AgCl$ الصلب الأبيض الراسب، وعند إضافة Na_2S تتحد أيونات S^{2-} مع أيونات Ag^+ لتشكيل راسب أسود Ag_2S . ووفقاً لمبدأ لوتشاتيليه، يؤدي إزالة أيونات Ag^+ إلى تغير اتجاه اتزان $AgCl$ نحو الطرف الأيمن، وعليه يتفكك $AgCl$ عندما يتكون Ag_2S .

مختبر الكيمياء

ثابت حاصل الذوبانية

الخلفية من خلال ملاحظة تكوّن راسبين في نفس النظام، يمكن استنتاج العلاقة بين ذوبانية مركبين أيونيين والقيم العددية لثوابت حاصل الذوبانية لها K_{sp} .

السؤال كيف تستطيع استعمال مبدأ لوتشاتيليه لتقويم الذوبانية النسبية لراسبين؟

المواد والأدوات اللازمة

محلول $AgNO_3$ محلول $NaCl$

محلول Na_2S طبق تفاعلات بلاستيكي ذو 24 فجوة

3 قطارات تحفة الساق

إجراءات السلامة

تحذير، نترات الفضة عالي السمية، ويختلف بقمًا على الجلد والملابس. كبريتيد الصوديوم مهيج للجلد ويجب إبقاؤه بعيداً عن الأحماض.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. ضح 10 قطرات من محلول $AgNO_3$ في الفجوة A1 من طبق التفاعلات. وضع 10 قطرات من نفس المحلول في الفجوة A2.

3. أضف 10 قطرات من محلول $NaCl$ إلى الفجوة A1 و 10 قطرات في فجوة A2.

4. دع الرواسب تتكوّن. لاحظ الفجوات من أعلى ومن الجانب، وسجل ملاحظاتك.

5. أضف 10 قطرات من محلول Na_2S إلى الفجوة A2.

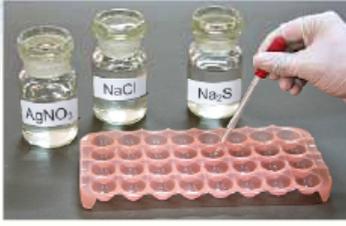
6. دع الراسب يتكوّن، سجل ملاحظاتك عن الراسب.

7. قارن محتوى الفجوتين A1، و A2 وسجل ملاحظاتك.

8. التخلص من النفايات استعمال قارورة الغسل لنقل محتوى طبق التفاعلات البلاستيكي إلى وعاء النفايات.

حل واستنتاج

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 الذوبانية للاتزان الذي نشأ في الفجوتين A1 و A2 في خطوة 3.
3. حلل اكتب معادلة الاتزان الذي نشأ في الفجوة A2 عندما أضفت Na_2S .
4. تعرّف الراسبين من خلال اللون.
5. قارن قيم K_{sp} للراسبين، أي المركبين الأيونيين أكثر ذوبانية؟
6. أمرك النتيجة والسبب استعمال مبدأ لوتشاتيليه لتفسير تأثير إضافة Na_2S في الخطوة 5 في الاتزان في الفجوة A2.
7. احسب الذوبانية المولارية للراسبين باستعمال قيم K_{sp} . أي الراسبين أكثر ذوباناً؟
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 من جنب. ماذا تلاحظ؟
10. ابحث كيف أن الصناعات تستعمل الترسيب لإزالة الكيمياءات الخطرة من مياه الصرف الصحي؟

الاستقصاء

المركبات الذائبة مقابل المركبات غير الذائبة المواد المتفاعلة التي استعمالها 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؟ استعمال معلومات K_{sp} في الجدول 3-5. وارجع إلى مصادر أخرى للكشف وتعرف القوانين العامة للذوبانية.

$$7. Ag_2S = 1 \times 10^{-15} M; AgCl = 1.3 \times 10^{-5} M$$

$AgCl$ ← أكثر ذوبانية

8. يكون تركيز أيونات Ag^+ الموجودة في حالة اتزان مع الراسب $AgCl$ أكبر من تركيز أيون Ag^+ الذي قد يوجد في حالة اتزان مع الراسب Ag_2S . ولو لم يكن هذا هو الحال، فلن يتكون هناك راسب من Ag_2S .

9. عند إبقاء المحلول دون حركة مدة من الزمن، تصبح الطبقات الصلبة فيه بوجود اللون الأبيض أسفل اللون الأسود، وتعلوهما طبقة صافية في المحلول.

10. ستتنوع الإجابات

الاستقصاء

يتعين على الطلبة معرفة أن مركبات فلزات المجموعة 1 جميعها ذائبة. كما أن مركباتها مع أيونات الأسيتات والأمونيا والنترات ذائبة. وكلما قلت قيمة K_{sp} انخفضت الذوبانية المولارية للمركب الأيوني.

الفكرة العامة: فصل الكثير من التفاعلات والعمليات إلى حالة من الاتزان الكيميائي، حيث تتكون كل من المواد المتفاعلة والناجمة بسرعات متساوية.

5-1 حالة الاتزان الديناميكي

الفكرة الرئيسية

يُوصف الاتزان الكيميائي بتعبير ثابت الاتزان والذي يربط تراكيز المتفاعلات والنواتج. تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة.

$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

المفردات

- التفاعل الانعكاسي
- الاتزان الكيميائي
- قانون الاتزان الكيميائي
- ثابت الاتزان
- اتزان متجانس
- اتزان غير متجانس

5-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الفكرة الرئيسية

عندما تطرأ تغيرات في نظام متزن فسوف يزاح إلى موضع اتزان جديد. والتغير في درجة الحرارة يغير الاتزان وقيمة K_{eq} . مبدأ لوتشاتليه يصف كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.

المفردات

- مبدأ لوتشاتليه

5-3 استعمال خواص الاتزان

الفكرة الرئيسية

يمكن استعمال تعبير الاتزان في حساب تراكيز المواد وذوبانية المواد يمكن حسابها باستعمال تعابير ثابت الاتزان. K_{sp} يصف الاتزان بين مركب أيوني قليل الذوبانية 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 ذوبانية المادة المذابة.

المفردات

- ثابت حاصل الذوبانية
- الأيون المشترك
- تأثير الأيون المشترك

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

لتعزيز فهم مفردات الفصل، اطلب إلى الطلبة، كتابة عبارات يتم فيها توظيف هذه المفردات. **ض م**

استراتيجيات المراجعة

• كتابة معادلات كيميائية وصيغ ثابت الاتزان لثلاث حالات اتزان متجانسة. **ض م**

• كتابة معادلات لحساب الذوبانية المولارية لـ CaF_2 و $AgCl$. **ض م**

• شرح الفرق بين Q_{sp} و K_{sp} .

• يمكن استعمال المسائل الإضافية للمراجعة.



يمكن للطلبة زيارة الموقع www.obeikaneducation.com من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الشبكة.
- استعمال روابط أخرى وتصفحها للمزيد من المعلومات والأنشطة والمشاريع.
- حل التمارين والاختبارات المقننة.

إتقان المفاهيم

33. يمكن أن تشمل الحالات مجموعة المركبات التي تعبر الجسر، ركوب دراجة هوائية، التوازن على السيسو والتوازن بالوقوف على اليدين وغيرهما.
34. تستمر المتفاعلات في إنتاج النواتج، وتستمر النواتج في إنتاج المتفاعلات.
35. تمثل المعادلة اتزاناً غير متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج متمثلة في أكثر من حالة فيزيائية.

36. موضع الاتزان عبارة عن مجموعة محددة من تراكيز الاتزان.

37. نسبة تراكيز النواتج إلى نسبة تراكيز المتفاعلات مع كل تركيز مرفوع إلى قوة حسب معاملها في المعادلة الموزونة.

38. تحذف تراكيز السوائل والمواد الصلبة النقية من صيغة ثابت الاتزان.

39. تعبر قيمة K_{sp} الكبيرة عددياً عن أن تراكيز النواتج الموجودة في البسط أكبر من تراكيز المتفاعلات الموجودة في المقام.

40. القيمة الجديدة لـ K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية.

41. يحدث مثل هذا الاتزان إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكونة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل الطردي. ويجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة.

42. لا تتغير تراكيز المتفاعلات والنواتج. يمر كل جزيء من المتفاعلات والنواتج بتغير كيميائي عندما تتساوى سرعة التفاعلين الطردي والعكسي.

إتقان حل المسائل

$$K_{eq} = [N_2]^3 [H_2O]^4 / [N_2H_4]^2 [NO_2]^2 \quad \text{a. 43}$$

$$K_{eq} = [NbCl_3][NbCl_5] / [NbCl_4]^2 \quad \text{b}$$

$$K_{eq} = [H_2O][CO_2] \quad \text{a. 44}$$

$$K_{eq} = [C_6H_6] \quad \text{b}$$

$$K_{eq} = [CO_2] \quad \text{45}$$

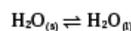
5-1

إتقان المفاهيم

33. صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متناقضتين.

34. إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تستعمل كلمة ديناميكي لوصف الاتزان الكيميائي؟

35. هل المعادلة الآتية تمثل اتزاناً متجانساً أم غير متجانس؟ فسر إجابتك.



36. ما المقصود بموضع الاتزان؟

37. وضح كيفية كتابة تعبير ثابت الاتزان.

38. لماذا يجب عليك أن تعبر انتباهاً للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعبير ثابت الاتزان؟

39. لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عددياً أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان؟

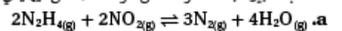
40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن، إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟

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 تبرز K_{eq} مثل هذا الاتزان؟

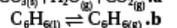
42. يحتوي نظام متزن على جزئيات في صورة نواتج ومتفاعلات. هو في حالة اتزان، صف ما يحدث لتراكيز النواتج والمتفاعلات، وما يحدث لكل جزيء ناتج ومتفاعل.

إتقان حل المسائل

43. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان متجانس فيما يأتي:



44. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان غير متجانس فيما يلي:



45. ينتج عن تسخين الحجر الجيري $CaCO_3(s)$ الجير الحي $CaO(s)$ وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

46. افترض أن لديك مكعباً من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه يساوي 5.25 cm، وكتلته تساوي 1076.6 g. فما التركيز المولاري للمنجنيز في المكعب؟

47. قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftharpoons C$ تساوي 3.63، يوضح الجدول 5-5 تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدد ما إذا كان التفاعلان في حالة اتزان.

الجدول 5-5 تراكيز A و B و C		
C (mol/l)	B (mol/l)	A (mol/l)
0.700	0.621	0.500
0.250	0.525	0.250

48. إذا مرّ 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.

5-2

إتقان المفاهيم

49. ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعل ما عند الاتزان؟

50. كيف يصف مبدأ لوتشالييه استجابة الاتزان للشغل؟

51. لماذا يسبب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟

52. عند إزاحة الاتزان نحو اليمين، ماذا يحدث لكل من:

a. تراكيز المتفاعلات

b. تراكيز النواتج

46. التركيز المولاري = 135 mol / l

$$K_{eq} = [C] / [A][B^2] = 3.63$$

$$(0.700) / (0.500)(0.621)^2 = 3.63$$

$$(0.250) / (0.250)(0.525)^2 = 3.63$$

التفاعلان في حالة اتزان.



$$K_{eq} = [H_2]^3 / [H_2O]^3$$

5-2

إتقان المفاهيم

49. التأثير الواقع على التفاعل عند الاتزان هو أي تغير في التركيز، الحجم الضغط، أو درجة الحرارة والذي يؤدي إلى إزاحة اتجاه الاتزان نحو اليمين أو اليسار.

50. ينص مبدأ لوتشالييه على أن الاتزان ينزاح في الاتجاه الذي يقلل من التأثير الواقع عليه.

51. لكي نعيد نسبة الاتزان للمتفاعلات والنواتج، ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات.

52. يقل تركيز المتفاعلات، بينما يزداد تركيز النواتج.

53. بما أن $\text{CO}_2(\text{g})$ يتحرر باستمرار وفور فتح غطاء القارورة،

لذا يستمر الاتزان في تغيير اتجاهه إلى اليمين إلى أن يستنفد



54. a. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

b. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

c. لا ينزاح الاتزان نحو أي اتجاه.

d. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

e. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

55. تميل عملية التسخين إلى تفضيل التفاعل الانعكاسي (الماص

للحرارة) وذلك بتحويل الاتزان باتجاه اليسار.

56. يتجه الاتزان نحو اليمين لإنتاج المزيد من الكلور.

57. يصبح المحلول أرجوانياً أكثر كلما اتجه الاتزان نحو اليسار

محرراً الحرارة.

58. يصبح المحلول أكثر زرقة، وتزيد إذابة كلوريد البوتاسيوم من

تركيز أيونات الكلور، مما يؤدي إلى تحول الاتزان نحو اليمين.

59. توجد أعداد مختلفة من مولات الغاز على جهتي التفاعل في

المعادلة a، ولكن يوجد العدد نفسه من مولات الغاز على

جهتي المعادلة b. وعندما يتساوى عدد مولات الغاز، فلا

يؤثر تغير الحجم في الاتزان.

60. ستقل قيمة K_{eq} العددية عندما يتحول الاتزان إلى اليسار،

ويحدث امتصاص للحرارة.

61. يعزز تقليل الضغط تكوين MgO و CO_2 ؛ وذلك لأن

الناتج الغازي يميل إلى إعادة الضغط واسترجاعه.

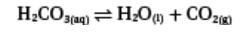
62. a. يخفض درجة الحرارة.

b. يخفض درجة الحرارة.

c. يرفع درجة الحرارة.

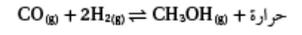
53. المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتليه لشرح كيف أن

ازاحة الاتزان الآتي:



يسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحاً؟

54. كيف يمكن للتغيرات الأتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين؟



a. إضافة CO

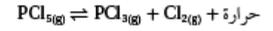
b. خفض درجة الحرارة

c. إضافة عامل حفز

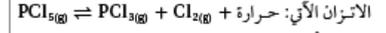
d. إزالة CH_3OH

e. تقليل حجم وعاء التفاعل

55. فسر كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح بالمعادلة الآتية:

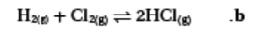
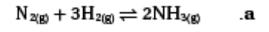


56. إذا أُضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي تفاعل



فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

57. إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:



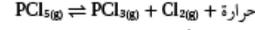
فسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان a ولا يؤثر في b؟



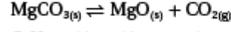
الشكل 5-22

59. للاتزان الموصوف في السؤال 53 ما التغير المرئي المتوقع الذي يمكن مشاهدته إذا تم إضافة وذوبان 10g من كلوريد البوتاسيوم الصلب؟ فسر إجابتك.

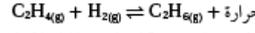
60. هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة في الاتزان الآتي: فسر إجابتك.



61. فسر كيف يمكن أن تنظم الضغط لتعزز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي:



62. يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة:



كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

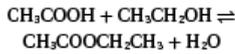
a. تزيد كمية الإيثان الناتج.

b. تقلل تركيز الإيثيلين.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.

71. 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 4-5. وضح إجابتك.

72. صناعة إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مذيب يستعمل في صناعة الونيش، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض الإيثانويك (الخليك)، يمكن وصف الاتزان بالمعادلة الآتية:



احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية:

$$[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = 2.90 \text{ M}, [\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.316 \text{ M},$$

$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0.313 \text{ M}, [\text{H}_2\text{O}] = 0.114 \text{ M}$$

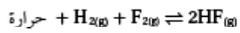
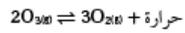
مراجعة عامة

73. تتسح إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية:

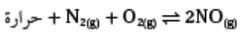
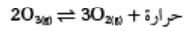


لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟

74. كيف يتأثر كل اثنان فيما يلي بانتخاض درجة الحرارة؟



75. كيف يتأثر كل اثنان فيما يلي بارتفاع كل من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه؟



76. ثابت حاصل الذوبانية لزرنيخات الرصاص $\text{Pb}_2(\text{AsO}_4)_2$ II يساوي 4.0×10^{-26} في درجة حرارة احسب الذوبانية بوحدة mol/l لهذا المركب عند درجة الحرارة نفسها.

77. صحح الجملة الآتية: القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الطردوي والعكسي يحدثان ببطء.

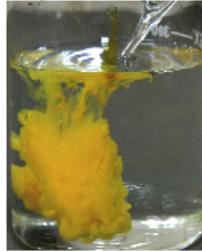
5-3

إتقان المفاهيم

63. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيون مشترك؟ اذكر مثالاً يوضح ذلك.

64. لماذا لا تعطى بعض المركبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{sp} ؟

65. الأشعة السينية لماذا بعد استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرض للأشعة السينية؟ علماً أنه عند درجة حرارة 26°C فإن 37.5 g من BaCl_2 يمكن أن تذوب في 100 ml من الماء؟



الشكل 5-23

66. فسر ما يحدث في الشكل 5-23 اعتماداً على K_{sp} و Q_{sp} .

67. فسر لماذا يخفض الأيون المشترك ذوبانية المركب الأيوني؟

68. صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لها $Q_{sp} = K_{sp}$ ، هل يتكون راسب؟

إتقان المسائل

69. اكتب تعبير K_{sp} لكرومات الرصاص PbCrO_4 ، واحسب ذوبانية بوحدة mol/l علماً أن $K_{sp} = 2.3 \times 10^{-13}$

70. K_{sp} لفلوريد الاسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-8} . اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذوبانية فلوريد الاسكانديوم في الماء. ما تركيز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد 0.076 M ؟

5-3

إتقان المفاهيم

63. إذا كان في المحلولين أيون مشترك، فإن ذلك يعني أن كليهما يحتوي على الأيون نفسه. $\text{NaCl}(\text{aq})$ و $\text{KCl}(\text{aq})$ يحتويان على $\text{Cl}^-(\text{aq})$.

64. لا تعطى المركبات الذائبة في الأغلب قيم K_{sp} لأنها ستكون أعداداً كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، نادراً ما تترسب مثل هذه المركبات من محاليلها إلا إذا كانت تراكيز الأيونات مرتفعة بصورة كبيرة.

65. تعد أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان. أما كبريتات الباريوم فيمكن تناولها بأمان فقط؛ لأن ذائبيتها منخفضة جداً. لكن ذوبانية كلوريد الباريوم العالية تجعل تناوله غاية في الخطورة.

66. يتكون راسب لأن Q_{sp} أكبر من K_{sp} .

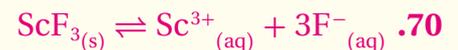
67. إذا ازداد تركيز أي من الأيونات الناتجة عن انحلال المركب بسبب وجود أيون مشترك في المحلول، فإن تركيز أيون المركب الآخر يجب أن ينخفض.

68. يكون المحلول الجديد مشبعاً، ولا يتكون راسب.

إتقان المسائل

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13} \quad 69$$

$$S = 4.8 \times 10^{-7}$$



$$[\text{Sc}^{3+}] = 9.6 \times 10^{-15} \text{ M}$$

$$Q_{sp} = 5.02 \times 10^{-7} \quad 71$$

وهذا أقل من K_{sp} لهيدروكسيد الكالسيوم التي تساوي 5.0×10^{-6}

$$K_{eq} = 3.34 \quad 72$$

مراجعة عامة

73. تؤدي إزالة H_2O إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، وإنتاج المزيد من أسيتات الإيثيل.

74. a. سينزاح التفاعل نحو اليمين.

b. سينزاح التفاعل نحو اليسار.

75. a. تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغير الاتجاه نحو اليسار، وتؤدي

زيادة الحجم إلى تغير الاتجاه نحو اليمين.

b. تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغير الاتجاه نحو اليمين. كما لا تؤدي

زيادة الحجم إلى أي تغير؛ لأن هناك أعداداً متساوية من جزيئات

المتفاعلات والنواتج. سيتجه الاتزان نحو اليمين.

$$S = 3.3 \times 10^{-8} \quad 76$$

77. الجملة ليست صحيحة، إذ إن قيمة K_{eq} لا تعطي أية معلومات عن

سرعة حدوث التفاعل أو بطئه. وتعني القيمة المنخفضة لـ K_{eq} فقط

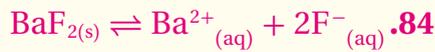
احتواء نظام الاتزان على تراكيز من المتفاعلات أعلى من النواتج عند

حدوث التفاعلات الطردية والانعكاسية بنسب متساوية..

5 مراجعة الفصل

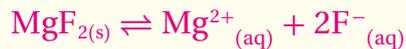
القيمة العددية لنسبة تركيز النواتج إلى تركيز المتفاعلات مساوية 1.00 ، وذلك عندما ترفع قيمة كل تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

83. لا، لأن تحلل كربونات الأمونيوم ماص للحرارة، وعليه يتحلل المركب بسرعة أكبر عند درجة حرارة أكبر.



$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = 1.0 \times 10^{-6}$$

$$6.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = \text{BaF}_2 \text{ الذوبانية المولارية لـ}$$



$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = 3.7 \times 10^{-8}$$

يترسب فلورايد الماغنيسيوم أولاً؛ لأن قيمة $K_{sp} = 3.7 \times 10^{-8}$ المحسوبة أقل من K_{sp} لفلورايد الباريوم 1.0×10^{-6}

85. إجابة محتملة:

1. أذب المخلوط في ماء مقطر.

2. أضف محلولاً إضافياً يحتوي على الأنيون مثل الكربونات، الكرومات والكبريتات والتي ترسب جميع أيونات الباريوم.

3. رشح الراسب وجففه وقس كتلته.

4. احسب مولات مركب الباريوم المتكون، والذي يساوي مولات كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي.

5. احسب كتلة كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي، فيكون المتبقي من الخليط الأصلي كلوريد الصوديوم.

86. ذوبانية فوسفات الكالسيوم هي الأعلى معبر عنها بـ g/l .

$$\text{ذوبانية } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{ (g/L)} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ g/l}$$

$$\text{ذوبانية } \text{FePO}_4 \text{ (g/L)} = 1.5 \times 10^{-9} \text{ g/l}$$

مسألة تحد

87. التركيز المولاري الابتدائي لكل من Cl_2 و CO هو:

$$1.000 \text{ mol/10 L} = 0.1000 \text{ mol/l}$$

$$\text{CO و } \text{Cl}_2 \text{ عند الاتزان يساوي } 0.0086 \text{ mol/l فإن:}$$

$$0.1000 \text{ mol/l} - 0.0086 \text{ mol/l} = 0.0914 \text{ mol/l}$$

لذلك فإن هذه القيمة قد نتجت من خلال التفاعل حيث تمثل قيمة COCl_2 .

$$\text{يكون } K_{eq} = 1.2 \times 10^3$$

84. 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 والماغنيسيوم؟ استعمل الجدول 6 - 5 واكتب معادلات اتزان الذوبانية وتعابير ثابت حاصل الذوبانية لكلا المركبين. فسر إجابتك.

الجدول 5 - 6 بيانات المركبين		
المركب	الكتلة المولية (MM) g/mol	الذوبانية عند 25°C g/l
BaF_2	175.33	1.1
MgF_2	62.30	0.13

85. السبب والنتيجة، افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم. فسر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كل مركب في الخليط.

86. قارن أي المادتين الصلبتين: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذوبانية مولارية أكبر؟ فإذا علمت أن $K_{sp} \text{FePO}_4 = 1.0 \times 10^{-22}$ و $K_{sp} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 1.2 \times 10^{-29}$ فأبها له ذوبانية g/l أعلى؟

مسألة تحد

87. تحضير الفوسجين COCl_2 غاز سام يستعمل في تصنيع بعض الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية. ويمكن تحضير غاز الفوسجين بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة: $\text{CO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2\text{(g)}$ بداية يوضع 1.0000 mol من كلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولها حالة الاتزان وجد أن تركيز كل منها 0.0086 mol/l ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما صنف K_{eq} للنظام؟

78. توابل الطعام البترلد هيد، يعرف بزيت اللوز الصناعي، ويستعمل في تبييض الطعام. ما تركيز البترلد هيد $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ بوحدة mol/l في درجة حرارة 298 K ، إذا كانت كثافته تساوي 1.043 g/ml ؟

79. في نظام الاتزان $2\text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$ ، إن لون NO_2 البني الغامق، فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل 24-5.



الشكل 24-5

80. إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يقلل من تركيز أيونات الألومنيوم. اكتب معادلة اتزان الذوبانية وتعابير ثابت حاصل الذوبانية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم.

81. إذا علمت أن K_{sp} ليوديدات الكاديوم $\text{Cd(IO}_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة 298 K ، فما تركيز mol/l كل من أيونات الكاديوم وأيونات اليوديدات في محلول مشبع عند درجة حرارة 298 K ؟

التفكير الناقد

82. تحليل افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معينة له K_{eq} تساوي 1.000 ، ما احتمال أن هذا النظام يتكون من 50% متفاعلات و 50% نواتج؟ فسر إجابتك.

83. تطبيق يستعمل تنشق الأملاح أحياناً لإعادة إعاث شخص فاقد للوعي؛ إذ تتكون هذه الأملاح من كربونات الألومنيوم. فإذا كانت معادلة تفكك كربونات الألومنيوم الماص للحرارة كما يأتي: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$ فهل نتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولاً في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسر إجابتك.

$$[\text{C}_7\text{H}_6\text{O}] = 9.828 \text{ mol/l} \quad \mathbf{78}$$

79. عند وجود ضغط عال (حجم أقل) يتجه الاتزان نحو الطرف الذي يقلل من قيمة الضغط، ويتم ذلك بالاتجاه نحو اليسار مستهلكاً المزيد من NO_2 البني المحمر اللون، ومنتجاً المزيد من N_2O_4 عديم اللون.

80. تؤدي إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول. لذا يتطلب K_{sp} تخفيض تركيز أيونات الألمنيوم موضعاً أثر الأيون المشترك.



$$[\text{Cd}^{2+}] = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \quad \mathbf{81}$$

$$[\text{IO}_3^{-}] = 3.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

التفكير الناقد

82. من الممكن أن يتكون النظام من 50% من المتفاعلات و 50% من النواتج، ولكن ليس من الضروري أن يكون الحال كذلك، حيث يتطلب ثابت حاصل الذوبانية عندما تكون قيمته 1.000 ، أن تكون

مراجعة تراكمية

2.45g.88

89. الرابطة الهيدروجينية هي قوة تجاذب بين ذرة هيدروجين وذرة صغيرة ذات كهروسالبية عالية مثل الأكسجين والتي لها على الأقل زوج غير مرتبط من الإلكترونات.
90. قلب المعادلة الكيميائية الحرارية الطاردة للحرارة يجعلها ماصة للحرارة، وعليه فبدلاً من أن تكون الطاقة ناتجة عن التفاعل تصبح ممتصة؛ لذا يجب تغيير إشارة ΔH .

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

91. لدى الطلبة الكثير من المعلومات الإيجابية لاستعمالها، لذا يتعين عليهم أن يلاحظوا أن ثابت اتزان التفاعل حيث يتم امتصاص ثاني أكسيد الكربون هو رقم كبير، وعليه فالتفاعل ذو كفاءة عالية في إزالة كمية ثاني أكسيد الكربون الزائدة من الغلاف الجوي. بالإضافة إلى أن مادة يولين نفسها لا تضر بالبيئة.
92. ستتنوع تقارير الطلبة.
93. ستتنوع تقارير الطلبة.

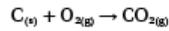
أسئلة المستندات

$$K_{eq} = [N_2][CO_2]^2/[NO]^2[CO]^2 \quad 94.$$

95. بما أن K_{eq} تتناقص عند ازدياد درجة الحرارة، لذا فالتفاعل الطردى طارد للحرارة.
96. يعمل مبرّد السيارة عند درجات حرارة مرتفعة، وتمسح السيارات كميات كبيرة من الهواء عندما تنتقل من مكان إلى آخر، لذا فإن مبرّد السيارة المطلي بالسبيكة يمكن أن يحول حجماً ملحوظاً من ملوثات NO و CO إلى مواد أقل ضرراً هي N_2 و CO_2 .

مراجعة تراكمية

88. ما كتلة الكربون التي يجب أن تحرق لإنتاج 4.56 L من غاز CO_2 عند درجة حرارة وضغط قياسي؟



89. صف الرابط الهيدروجينية، وما الشروط الواجب توافرها لتكوينها؟

90. عندما تقوم بقلب معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب قلب إشارة ΔH ؟

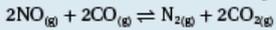
تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

91. مركب جديد تجيل أنك عالم قمت بتركيب سائل فريد وجديد وأسميته يولان وتخضره يو. يولان سائل غير سام، وتخضره غير مكلف، وله القدرة على إذابة كمية كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون في الاتزان $CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(aq)$, $K_{eq} = 3.4 \times 10^6$ اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة العالمي.
92. حصص الكلى ابحث في الدور الذي تقوم به الذوبانية في تكوين حصص الكلى، وما المركبات التي توجد في حصص الكلى؟ وما K_{sp} لهم؟ نظم المعلومات التي تحصل عليها في نشرة إعلانية للمعلومات الصحية.
93. عصر الماء وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء يسبب عسره. فسر بالاعتماد على الذوبانية لماذا يعد وجود هذين الأيونين غير مرغوب فيه. ثم جد الطرق التي يمكن اتخاذها للتخلص منها.

أسئلة المستندات

التلوث تحتوي عوادم السيارات على الملوثات الخطرة: أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO. إن سبيكة عفزة واحدة يمكن أن تقلل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي. عندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفز ينشأ الاتزان الآتي:



ويتأثر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة، كما هو موضح في الجدول 5-7.

جدول 5-7 K_{eq} مقابل درجة الحرارة

1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{16}	4.66×10^{14}	1.04×10^{16}	9.10×10^{17}

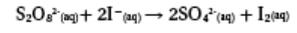
94. اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان.
95. ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة. استعمل مبدأ لوتشاتليه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الطردى ماصاً أم طارداً للطاقة.
96. فسر كيف أن المشعاع (مبرد السيارة) المطلي بالسبيكة يمكن أن يساعد على تقليل تركيز NO و CO في الغلاف الجوي؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختبار من متعدد

1. أي مما يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟
 a. لا يوجد ناتج جديد يتكون بفعل التفاعل الطردى.
 b. لا يحدث التفاعل العكسي في النظام.
 c. تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج.
 d. سرعة حدوث التفاعل الطردى تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي.

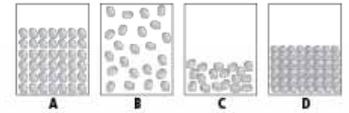
2. يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $S_2O_8^{2-}$ وأيونات اليوديد I^- لأنه يسير ببساطة كافي لقياس معدل سرعته.



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. $R = K[S_2O_8^{2-}][I^-]$
 b. $R = K[S_2O_8^{2-}][I^-]^2$
 c. $R = K[S_2O_8^{2-}][I^-]^2$
 d. $R = K[S_2O_8^{2-}]^2[I^-]^2$

استعمل الرسم الآتية لإجابة عن السؤال 3.



3. أي الرسوم الأربعة بين المادة التي لها أضعف قوة بين جزيئية؟

- a. A
 b. B
 c. C
 d. D

4. أي نوع من القوى بين الجزيئية 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 $MnCO_3(s) \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (288 K سد)				
المحاولة	$[Mn^{2+}]$ مول/لتر	$[CO_3^{2-}]$ مول/لتر	$[CO_3^{2-}]$ مول/لتر	$[Mn^{2+}]$ مول/لتر
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-2}
2	0.0100	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-6}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-8}	2.00×10^{-2}

5. ما قيمة K_{sp} $MnCO_3$ عند درجة 298k؟

- a. 2.24×10^{-11}
 b. 4.00×10^{-11}
 c. 1.12×10^{-9}
 d. 5.60×10^{-9}

6. ما ذوبانية $MnCO_3$ عند 298 K؟

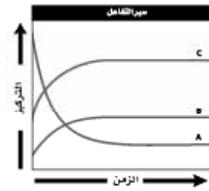
- a. $4.73 \times 10^{-6} M$
 b. $6.32 \times 10^{-2} M$
 c. $7.48 \times 10^{-5} M$
 d. $3.35 \times 10^{-5} M$

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. $1.02 \times 10^{-5} M$

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 11 إلى 13.



8. صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان.

9. فسر لماذا لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا عند نهاية هذا التفاعل؟

10. صنّف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟

الاختبار المقنن

أسئلة الاختبار من متعدد

1. d

2. b

3. b

4. b

5. a

6. a

7. c

أسئلة الإجابات القصيرة

8. يحدث الاتزان عندما تصبح الخطوط أفقية حيث تبقى تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة عند هذه النقطة.

9. لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا في نهاية التفاعل؛

وذلك لأن التفاعل في حالة اتزان. وحتى ينتج التفاعل الانعكاسي المزيد من النواتج، يجب أن تكون سرعته مساوية لسرعة التفاعل الطردى الذي يستهلك المتفاعلات.

10. هذا التفاعل على الأغلب تفاعل انحلال. حيث يوجد هناك متفاعل واحد يظهره المنحنى A وتقل ذائبته كلما استهلك. كما أن هناك ناتجين ممثلين في الخطين B وC، وتزداد ذوبانيتها بازدياد الزمن، حيث إنهما يتكونان من انحلال A.

(أ)

الاتزان غير المتجانس Heterogeneous Equilibrium حالة اتزان تكون فيها المواد المتفاعلة والنواتج في حالات مختلفة.

الاتزان الكيميائي Chemical Equilibrium حالة التفاعل التي تكون عندها سرعة التفاعل الأمامي والخلفي متساويتان.

الاتزان المتجانس Homogeneous Equilibrium حالة اتزان تكون فيها المواد المتفاعلة والنواتج في الحالة نفسها.

الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation خاصية جامعة تتناسب قيمتها تناسباً طردياً مع مولالية المحلول.

الانخفاض في درجة التجمد Freezing-Point Depression الفرق بين درجة غليان المحلول ودرجة غليان المذيب النقي.

الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering الضغط الذي تحدثه جزيئات السائل في وعاء مغلق والتي تتطاير من سطح السائل متحوّلة إلى الحالة الغازية.

الأيون أحادي الذرة Monoatomic Ion أيون يتكون من ذرة واحدة يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

أيون متعدد الذرات Polyatomic Ion أيون يتكون من ذرتين أو أكثر لها شحنة.

الأيون المشترك Common Ion أيون مشترك بين مادتين أيونيتين أو أكثر.

(ب)

الباسكال Pascal الوحدة الدولية لقياس الضغط.

البخار Vapor الحالة الغازية للمادة عند درجة حرارة الغرفة.

(ت)

التآصل Allotrope أحد الأشكال التي يوجد فيها العنصر.

تأثير الأيون المشترك Common Ion Effect انخفاض الذوبانية بسبب وجود أيون مشترك.

الأكسدة Oxidation فقدان الإلكترونات من ذرات العنصر.

التبخّر Vaporization التحول إلى بخار عند درجة حرارة الغرفة.

التبلور Crystallization طريقة فصل جزيئات المادة الصلبة النقية عن المحلول.

التحوّلات المحفّزة Induced Transmutation عملية تكوين ذرات عناصر جديدة عن طريق قذف ذرات العناصر بجسيمات مشحونة عالية السرعة.

الترسيب Precipitate تكون مادة صلبة في أثناء تفاعل كيميائي.

التركيز Concentration قياس كمية المذاب في كمية محددة من المذيب.

التسامي Sublimation عملية تحول المادة الصلبة إلى غاز دون المرور بالحالة السائلة.

النتصادم Conclusion حكم مبني على المعلومات المتوافرة.

النتصادم المرّن Elastic Collision تصادمات لا تفقد خلالها الطاقة الحركية بل تنتقل من جزيء إلى آخر.

التفاعل الانعكاسي Reversible Reaction التفاعل الكيميائي الذي يحدث في كلا الاتجاهين الطردى والعكسي.

التقطير التجزيئي Fractional Distillation عملية فصل مكوّنات البترول إلى مكونات أبسط منها.

التكثف Condensation عملية تحول البخار إلى سائل.

التكسير الحراري Cracking عملية تحطيم مركبات البترول الكبيرة إلى مركبات صغيرة.

(ث)

ثابت الاتزان Equilibrium Constant القيمة العددية لنسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة ويرفع كل تركيز إلى أس مساوياً للمعامل الخاص به في المعادلة الكيميائية الموزونة.

ثابت حاصل الذوبانية Solubility Product Constant ثابت اتزان ذوبان مادة أيونية قليلة الذوبان في الماء.

ثابت السرعة Specific Rate Constant قيمة عددية تربط بين تركيز المتفاعلات بسرعة التفاعل عند درجة حرارة معينة.

ثابت الغاز المثالي Ideal Gas Constant (R) ثابت يحدد تجريبيًا وتعتمد قيمته على وحدات ضغط الغاز.

(ج)

الجيل Joule الوحدة الدولية لقياس الطاقة والحرارة.

(ح)

الحجم المولاري Molar Volume حجم مول واحد من الغاز عند الظروف القياسية.

الحرارة Heat أحد أشكال الطاقة التي تنتقل من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الأقل برودة.

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.

حرارة المحلول Heat of Solution التغير الكلي في الطاقة في أثناء عملية تكوّن المحلول.

الحرارة المولارية للانصهار Molar Enthalpy (Heat) of Fusion كمية الحرارة التي يتطلبها تحويل مول واحد من المادة الصلبة إلى سائل.

الحرارة المولارية للتبخير Molar Enthalpy (Heat) of Vaporization كمية الحرارة اللازمة لتحويل مول واحد من المادة السائلة إلى بخار.

(خ)

الخاصية الجامعة Colligative Property خاصية المحلول التي تعتمد على نوع جزيئات المذاب وليس عددها.

(د)

درجة الانصهار Melting Point الدرجة التي يتحول عندها الجسم الصلب إلى سائل.

درجة التجمد Freezing Point درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب متبلور.

درجة الحرارة Temperature معدل الطاقة الحركية لجزيئات المادة.

درجة الحرارة والضغط القياسيان STP ضغط جوي ودرجة حرارة الصفر المئوي.

درجة الغليان Boiling Point درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط تبخر السائل مع الضغط الجوي.

(ذ)

الذوبان Solvation عملية احاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب.

الذوبانية Solubility أكبر كمية من المذاب تذوب في مقدار معين من المذيب عند درجة حرارة معينة.

(ر)

الرابطة الكيميائية Chemical Bond القوة التي تربط ذرتين معاً.

الرابطة الهيدروجينية Hydrogen Bond رابطة قوية 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.

(ش)

الشبكة البلورية Crystal Lattice مجسم ثلاثي الأبعاد بين أماكن الأيونات والذرات في البلورة.

(ض)

الضغط Pressure القوة الواقعة على وحدة المساحة.

(ط)

الطاقة Energy القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة.

طاقة التنشيط Activation Energy الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

طاقة الوضع الكيميائية Chemical Potential Energy الطاقة المخزونة في المادة والناتجة عن تركيبها

(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 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 اعتماداً على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته.

قانون هس Hess' s Law تغير الطاقة في تفاعل كيميائي يساوي مجموع التغيرات في طاقة التفاعلات الفردية المكونة له.

القطب الموجب Anode القطب الذي تحدث عنده عملية التأكسد في الخلية الكهركيميائية.

قوى التشتت Dispersion Forces القوى الضعيفة الناتجة عن التغير في كثافة الإلكترونات في الغيمة الإلكترونية.
القوى ثنائية القطب Dipole-Dipole Forces قوة التجاذب بين مناطق مختلفة الشحنة في الجزيئات القطبية.

(ك)

الكسر المولي Mole Fraction نسبة عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول إلى عدد المولات الكلية للمذاب والمذيب.
الكلفن Kelvin الوحدة الدولية لقياس درجة الحرارة.

(م)

مبدأ أفوجادرو Avogadro's Principle تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات تحت الظروف نفسها على العدد نفسه من الجسيمات.
مبدأ لوتشاتلييه Le Châtelier's Principle عند وقوع قوة خارجية على نظام يقوم ذلك النظام بالاتجاه نحو الطرف الذي يعمل على امتصاص تأثير القوة.

المثبط Inhibitor مادة تؤدي إلى إبطاء سرعة التفاعل.

المحفز Catalyst مادة كيميائية تضاف إلى التفاعل الكيميائي فتزيد من سرعته دون أن تتأثر كيميائياً.

المحلول غير المشبع Unsaturated Solution محلول يحتوي كمية من المذاب أقل مما يحتويه المحلول المشبع عند نفس الضغط ودرجة الحرارة.

المحلول المائي Aqueous Solution المحلول الذي يكون فيه الماء هو المادة المذيبة.

المحلول المشبع Saturated Solution محلول يحتوي أكبر مقدار من المذاب عند ضغط ودرجة حرارة معينين.

المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation معادلة كيميائية موزونة تشمل على حالات المواد، والتغير في الطاقة.

المعامل Coefficient العدد المكتوب أمام الصيغ الجزيئية في المعادلة الكيميائية.

المعقد المنشط Activated Complex مجموعة من الذرات فترة بقائها معاً قصيرة جداً قد ينتج عنها النواتج أو قد تعود إلى صورة المتفاعلات.

المولارية Molarity عدد مولات المذاب في لتر واحد من المحلول.

المولالية Molality عدد مولات المذاب المذابة في كيلوجرام من المذيب..

(ن)

نظرية التصادم Collision Theory تنص على وجوب اصطدام الجزيئات، الأيونات أو الذرات لحدوث التفاعل.

نظرية الحركة الجزيئية Kinetic-Molecular Theory تصف سلوك الغازات اعتماداً على حركة جزيئاتها.

نظرية دالتون الجزئية Dalton's Law Of Partial Pressures الضغط الكلي لمزيج من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل منها.

نظرية دالتون الذرية Dalton's Atomic Theory نظرية تصف تركيب المادة وصفات ذراتها.

ثابت حاصل الذوبانية عند 298K

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 ₂ CO 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 ₂ CO 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 ₂ CrO ₄	1.1×10^{-12}	Mg ₃ (PO ₄) ₂	1.0×10^{-24}	Ag ₂ SO ₄	1.2×10^{-5}
اليودات		FePO ₄ · 2H ₂ O	9.91×10^{-16}	الزرنيخات	
Cd(IO ₃) ₂	2.3×10^{-8}	Ni ₃ (PO ₄) ₂	4.7×10^{-32}	Pb ₃ (AsO ₄) ₂	4.0×10^{-36}

ثوابت فيزيائية

الكمية	الرمز	القيمة
وحدة الكتلة الذرية	amu	1.6605×10^{-27}
عدد أفوجادرو	N _A	6.022×10^{23} particles/mole
ثابت الغاز المثالي	R	8.31 L·kPa/mol·K 0.0821 L·atm/mol·K 62.4 mm Hg·L/mol·K 62.4 torr·L/mol·K
كتلة الإلكترون	m _e	9.109×10^{-31} kg 5.485799×10^{-4} amu
كتلة النيوترون	m _n	1.67492×10^{-27} kg 1.008665 amu
كتلة البروتون	m _p	1.6726×10^{-27} kg 1.007276 amu
الحجم المولاري للغاز المثالي في الظروف المعيارية	V	22.414 L/mol
درجة غليان الماء	T _b	373.15 K 100.0°C
درجة تجمد الماء	T _f	273.15 K 0.00°C
ثابت بلانك	h	$6.6260693 \times 10^{-34}$ J·s
سرعة الضوء في الفراغ	c	2.997925×10^8 m/s

ثوابت الانخفاض في درجة التجمد والارتفاع في درجة الغليان المولية

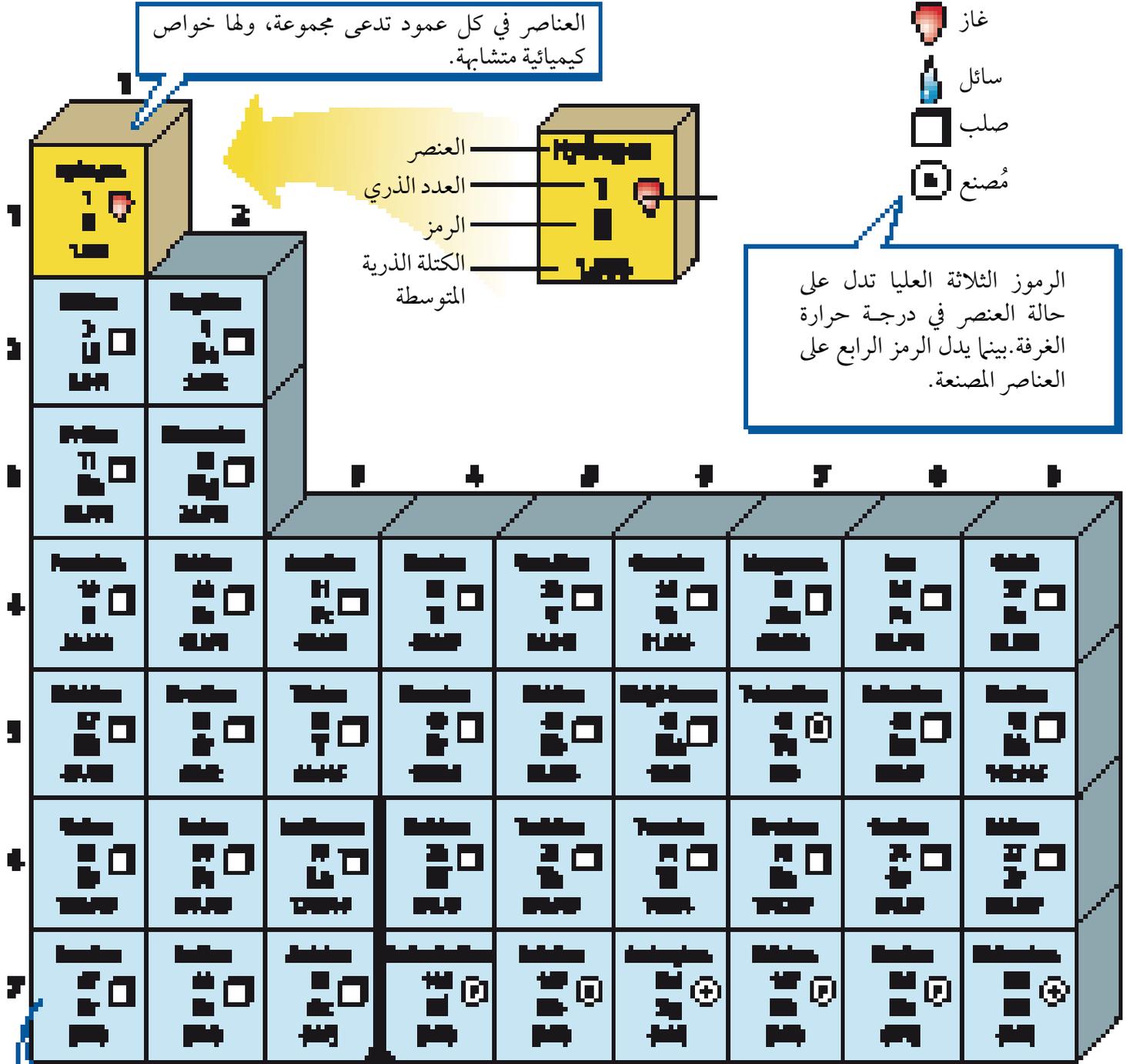
المادة	K_{fp} ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$)	درجة التجمد ($^{\circ}\text{C}$)	K_{bp} ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{kg/mol}$)	درجة الغليان ($^{\circ}\text{C}$)
محلول الإيثانوليك	3.90	16.66	3.22	117.90
بنزين	5.12	5.533	2.53	80.100
كافور	37.7	178.75	5.611	207.42
مكسان حلقي	20.0	6.54	2.75	80.725
مكسانول حلقي	39.3	25.15	---	---
نيترو بنزين	6.852	5.76	5.24	210.8
فيتول	7.40	40.90	3.60	181.839
ماء	1.86	0.000	0.512	100.000

قيم حرارة التكوين

ΔH_f° (kJ/mol) (تركيز المحاليل المائية يساوي 1M)

المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°	المادة	ΔH_f°
Ag(s)	0	CsCl(s)	-443.0	H ₃ PO ₄ (aq)	-1271.7	NaBr(s)	-361.1
AgCl(s)	-127.0	Cs ₂ SO ₄ (s)	-1443.0	H ₂ S(g)	-20.6	NaCl(s)	-411.2
AgCN(s)	146.0	CuI(s)	-67.8	H ₂ SO ₃ (aq)	-608.8	NaHCO ₃ (s)	-950.8
Al ₂ O ₃	-1675.7	CuS(s)	-53.1	H ₂ SO ₄ (aq)	-814.0	NaNO ₃ (s)	-467.9
BaCl ₂ (aq)	-855.0	Cu ₂ S(s)	-79.5	HgCl ₂ (s)	-224.3	NaOH(s)	-425.8
BaSO ₄	-1473.2	CuSO ₄ (s)	-771.4	Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.4	Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.7
BeO(s)	-609.4	F ₂ (g)	0	Hg ₂ SO ₄ (s)	-743.1	Na ₂ S(s)	-364.8
BiCl ₃ (s)	-379.1	FeCl ₃ (s)	-399.49	I ₂ (s)	0	Na ₂ SO ₄ (s)	-1387.1
Bi ₂ S ₃ (s)	-143.1	FeO(s)	-272.0	K(s)	0	NH ₄ Cl(s)	-314.4
Br ₂	0	FeS(s)	-100.0	KBr(s)	-393.8	O ₂ (g)	0
CCl ₄ (l)	-128.2	Fe ₂ O ₃ (s)	-824.2	KMnO ₄ (s)	-837.2	P ₄ O ₆ (s)	-1640.1
CH ₄ (g)	-74.6	Fe ₃ O ₄ (s)	-1118.4	KOH	-424.6	P ₄ O ₁₀ (s)	-2984.0
C ₂ H ₂ (g)	227.4	H(g)	218.0	LiBr(s)	-351.2	PbBr ₂ (s)	-278.7
C ₂ H ₄ (g)	52.4	H ₂ (g)	0	LiOH(s)	-487.5	PbCl ₂ (s)	-359.4
C ₂ H 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 ₂) 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	TiI(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 ₄ Br(s)	-270.8	UCl ₆ (s)	-1092.0
Cl ₂ (g)	0	H ₂ O(l)	-285.8	NO(g)	91.3	Zn(s)	0
Co ₃ O ₄ (s)	-891.0	H ₂ O(g)	-241.8	NO ₂ (g)	33.2	ZnCl ₂ (aq)	-415.1
CoO(s)	-237.9	H ₂ O ₂ (l)	-187.8	N ₂ O(g)	81.6	ZnO(s)	-350.5
Cr ₂ O ₃ (s)	-1139.7	H ₃ PO ₃ (l)	-595.4	Na(s)	0	ZnSO ₄ (s)	-982.8

جداول مرجعية



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 توفيراً للمكان.

الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمراً للعنصر.

