

الوحدة الثانية: حالات المادة

تجربة استهلالية: العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

عدد الحصص	التجارب والأنشطة	نتائج التعلّم	الدرس
6	<ul style="list-style-type: none"> ○ قانون بويل ○ قابلية الغازات للانتشار. 	<ul style="list-style-type: none"> ● تفسير الخصائص الفيزيائية للغازات اعتمادًا على نظرية الحركة الجزيئية. ● التوصل إلى قوانين الغازات وقانون الغاز المثالي لفهم سلوك الغازات وتطبيقاتها العملية. ● إجراء حسابات باستخدام قوانين الغازات المختلفة وقانون الغاز المثالي. 	الأول: الحالة الغازية
4	<ul style="list-style-type: none"> ○ قابلية السوائل للانتشار. ○ العوامل المؤثرة في سرعة التبخر. 	<ul style="list-style-type: none"> ● توضيح المقصود بالمفاهيم: تبخر، تكاثف، ضغط بخاري، درجة الغليان. ● استنتاج العوامل التي تؤثر في خصائص المادة في الحالة السائلة. 	الثاني: الحالة السائلة
4		<ul style="list-style-type: none"> ● التعرف إلى خصائص المادة في الحالة الصلبة. ● تصنيف المواد الصلبة البلورية إلى أنواعها الرئيسة، والتمييز بين صفاتها. 	الثالث: الحالة الصلبة

النتائج السابقة واللاحقة الخاصة بالوحدة الثانية - حالات المادة

النتائج السابقة	الصف	النتائج اللاحقة	الصف
<ul style="list-style-type: none"> التعرّف إلى حالات المادة. 	الأول		
<ul style="list-style-type: none"> تعرّف حالات المادة: صلبة سائلة غازية. تعرّف تحولات المادة من حالة إلى أخرى. استنتاج أنه يمكن عكس التغيرات الناتجة عن التسخين والتبريد. 	الثاني		
<ul style="list-style-type: none"> استكشافُ خصائص المواد الصلبة والسائلة والغازية (مثل الشكل والحجم وعلاقتها بالوعاء الذي توضع فيه). 	الثالث		
<ul style="list-style-type: none"> استكشافُ الخصائص الفيزيائية للمواد (الحجم). 	الرابع		
<ul style="list-style-type: none"> استكشافُ الخصائص الفيزيائية للمواد (الكتلة، الوزن، الكثافة). استكشافُ تحولات المادة. 	الخامس		

حالات المادة

States of Matter

أتأمل الصورة

- أوجه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم أوجههم إلى التعبير عن ما يأتي:
- أصف ما أراه في الصورة.
من الإجابات المحتملة: بركان، مقذوفات بركانية مصاحبة للبركان، صخور مصهورة، لابة، دخان أو غازات وأبخرة.
- أتقبل إجابات الطلبة، وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن البركان يقذف مواد في حالة الصلابة، ومواد في الحالة السائلة وأخرى في الحالة الغازية، وأن لكلٍّ منها خصائص مميزة؛ فمثلاً؛ تتحرك المواد السائلة مسافات بعيدة لقدرتها على الجريان، أما الغازات فتختلط بالهواء لقدرتها على الانتشار.
- ثم أبين للطلبة أن المواد توجد على سطح الأرض في حالات ثلاث؛ صلبة وسائلة وغازية، وأن لكلٍّ حالة من حالات المادة خصائص مميزة لها، وأن نظرية الحركة الجزيئية فسرت هذا الاختلاف اعتماداً على طاقة حركة الجسيمات المكونة للمادة وقوى التجاذب بينها.

حالات المادة

States of Matter



أتأمل الصورة

يرافق البراكين مقذوفات بركانية في حالات المادة الثلاث؛ صلبة ترسب قريباً من فوهة البركان، وسائلة تجري لمسافات بعيدة ثم تبرد وتتصلب، وغازية تنتشر وتختلط مع الهواء الجوي. ما الخصائص الفيزيائية المميزة للمادة في كل حالة؟ وكيف تُفسَّر؟

الفكرة العامة:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الفكرة العامة للوحدة، ثم أناقش معهم ما درسوه حول حالات المادة، وأوجّهم إلى تأمل الصورة واستنتاج بعض خصائص كل حالة، مثل المادة الصلبة؛ شكلها وحجمها ثابتان، وترتب في أشكال هندسية، والمادة السائلة؛ شكلها غير ثابت قابلة للجريان وحجمها ثابت، والمادة في الحالة الغازية؛ حجمها وشكلها غير ثابتين، فيزداد حجم الغاز بزيادة درجة الحرارة، ثم أبين للطلبة أنهم سوف يدرسون في هذه الوحدة حالات المادة الثلاث: الحالة الغازية، وقوانين الغازات وتفسيرها بواسطة نظرية الحركة الجزيئية، والحالة السائلة، وخصائص السوائل، والعوامل المؤثرة فيها، بالإضافة إلى الحالة الصلبة وأنواع المواد الصلبة وخصائصها وتفسير هذه الخصائص.

مشروع الوحدة

- أعرض مشروع الوحدة على الطلبة، ثم أطلب إليهم تشكيل مجموعتين (أحرص أن تكون المجموعات غير متجانسة)، بحيث يعمل كل طالب في أحد المشروعين، وأطلب إليهم دراسة الموضوع وتوزيع المهام في ما بينهم، والتعاون، والعمل بجهد لإنجازه.

والبحث في المصادر المتنوعة للمعرفة وشبكة الإنترنت؛ وذلك لتنفيذ المشروعات الآتية:

- أسهم كثير من العلماء في دراسة الغازات؛ خصائصها وقوانينها وتفسيرها. أتيح جهود علماء الكيمياء والفيزياء في تطوير فهم الغازات، وخصائصها، وتفسير هذه الخصائص عن طريق نظرية الحركة الجزيئية، وأصمم عرضاً تقديمياً يوضح هذا التطور وأعرضه على معلمي/معلمتي، زملائي/زميلاتي.

- تُصنّف المواد الصلبة إلى مواد صلبة بلورية ومواد صلبة غير بلورية، تتميز المواد الصلبة البلورية بأن الجسيمات المكوّنة لها تترتب في أشكال هندسية منتظمة ذات شكل بلوريّ محدد، تتكون من وحدات

الفكرة العامة:

توجد المادة في حالات فيزيائية ثلاث؛ صلبة وسائلة وغازية، لكل حالة منها خصائص فيزيائية مميزة لها.

الدرس الأول: الحالة الغازية

الفكرة الرئيسية: تفسّر نظريّة الحركة الجزيئية خصائص الغازات، وتستخدم قوانين الغازات في وصف العلاقة بين العوامل التي تؤثر في سلوك الغاز.

الدرس الثاني: الحالة السائلة

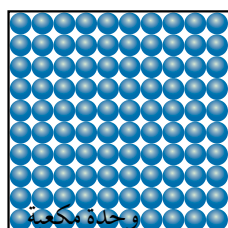
الفكرة الرئيسية: تمتاز السوائل بخصائص محددة تعتمد على قوى التجاذب بين جزيئاتها.

الدرس الثالث: الحالة الصلبة

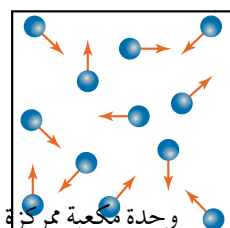
الفكرة الرئيسية: تُقسّم المواد الصلبة إلى نوعين رئيسين؛ مواد صلبة بلورية ومواد صلبة غير بلورية، وتُصنّف المواد الصلبة البلورية إلى أربعة أنواع بحسب خصائصها الفيزيائية.



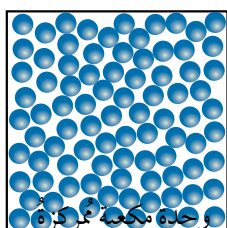
بناء أساسية تتكرر في البلورة، منها الوحدة مكعبة الشكل التي توجد في ثلاثة أنواع؛ المكعبة البسيطة، مثل بلورات الأكسجين، والمكعبة ممرّكة الجسم، مثل بلورات كلوريد السيزيوم وبلورات الصوديوم، والمكعبة ممرّكة الأوجه، مثل بلورات النحاس وبلورات كلوريد الصوديوم. باستخدام صورة واضحة للأنواع الثلاثة من البلورات المكعبة؛ أتعاون مع زملائي/زميلاتي في بناء ثلاثة نماذج لهذه البلورات، وذلك باستخدام الأسلاك الرفيعة الصلبة أو الأعواد الخشبية، والمعجون أو الكرات، وورق شفاف ولاصق مناسب، ثم أعرضها على معلمي/معلمتي، زملائي/زميلاتي.



وحدة مكعبة بسيطة.



وحدة مكعبة ممرّكة الجسم.



وحدة مكعبة ممرّكة الأوجه.

الهدف: أستكشفُ العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية:

القياس، الملاحظة، الاستنتاج، الرسم.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوتين (2، 4)؛ أوجه انتباه الطلبة إلى استعمال المتر القماشي أو الورقي لقياس محيط الدائرة المرسومة على البالون، وتحري الدقة في القياس.
- أتجول بين الطلبة موجهاً ومُرشدًا ومُساعداً، وأدير نقاشاً معهم لاستنتاج العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

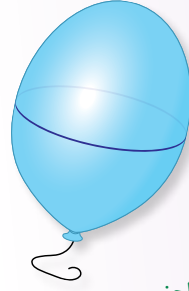
النتائج المتوقعة:

تزايد حجم الغاز بزيادة درجة الحرارة وتناقصه بنقصانها.

التحليل والاستنتاج:

1. يقل محيط الدائرة مما يشير إلى نقصان حجم الهواء بنقصان درجة الحرارة.
2. يزداد محيط الدائرة مما يشير إلى زيادة حجم الهواء بزيادة درجة الحرارة.
3. العلاقة طردية؛ بزيادة درجة الحرارة يزداد حجم الهواء داخل البالون عند ثبات الضغط.

العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط



التحليل والاستنتاج:

- 1- أصفُ التغيير في حجم البالون الذي وُضع في الحمام الثلجي.
- 2- أصفُ التغيير في حجم البالون الذي وُضع في الحمام المائي الساخن.
- 3- **أستنتج** العلاقة بين درجة حرارة الهواء داخل البالون وحجمه عند ثبات الضغط.

المواد والأدوات: بالون عدد (2)، قلم تخطيط، متر مصنوع من القماش أو الورق، حمامٍ ثلجيّ، حمامٍ مائيّ ساخن.

إرشادات السلامة:

- أتبعُ إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرثدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

خطوات العمل:

- 1 أحضر بالونين وأنفخهما وأربطُ فوهة كل منهما جيداً، ثم أرسُمُ باستخدام القلم دائرةً على كلٍ منهما، كما في الشكل.
- 2 أقيسُ محيط كلٍ منهما، وأسجَلُه.
- 3 أضعُ أحدَ البالونين في حمامٍ ثلجيّ والآخرَ في حمامٍ مائيّ ساخن مدّة 10 min.
- 4 أخرجُ البالونين وأقيسُ محيط كلٍ منهما مباشرةً، وأسجَلُ ملاحظاتي.



تقويم تجربة: العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. أداة التقويم: قائمة الرصد.

الرقم	معيّار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	قياس محيط الدائرة المرسومة بدقة		
2	تطبيق خطوات التجربة بدقة.		
3	وصف التغيير في حجم الهواء داخل البالون بتغيير درجة الحرارة بدقة.		
4	تفسير النتائج بصورة علمية.		

بعض الخصائص الفيزيائية للغازات

Some Physical Properties of Gases

تمتلك المادة في الحالة الغازية خصائص فيزيائية معينة؛ فمثلاً، يتمدد الغاز تلقائياً ويتشرب ليملاً الوعاء الذي يوضع فيه؛ لذلك فإن حجمه يساوي حجم الوعاء. كما أن الغازات قابلة للانضغاط Compressible، فعند زيادة الضغط المؤثر فيها يقل حجمها. هذه الخصائص المميزة للغازات سببها أن جسيمات الغاز متباعدة جداً وقوى التجاذب بينها شبة معدومة؛ لذلك تتشابه الغازات في سلوكها الفيزيائي رغم أنها تتكوّن من جسيمات مختلفة في خصائصها. وقد درس عددٌ من العلماء الخصائص الفيزيائية للغازات وتوصلوا بالتجريب إلى مجموعة من القوانين سُميت بقوانين الغازات، وضحت العلاقة بين متغيرات عدة تصف سلوك الغاز المحصور، مثل العلاقة بين ضغط الغاز P وحجمه V ودرجة حرارته المطلقة T وعدد مولاته n، كما استطاع العلماء تفسير خصائص الغازات وسلوكها الفيزيائي من خلال نظرية الحركة الجزيئية.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic Molecular Theory

طور العلماء نظرية سُميت **نظرية الحركة الجزيئية** The Kinetic Molecular Theory، التي تصف سلوك الجسيمات المكوّنة للمادة، وتفترض هذه النظرية أن جسيمات المادة في حركة دائمة ومستمرة. فسّرت هذه النظرية سلوك المواد الصلبة والسائلة والغازية اعتماداً على الطاقة الحركية للجسيمات وقوى التجاذب بينها. لفهم سلوك الغازات وخصائصها الفيزيائية افترضت هذه النظرية وجود غاز سُمي **الغاز المثالي** Ideal Gas، وهو غاز افتراضي حجم جسيماته يساوي صفراً وقوى التجاذب بينها معدومة، وتطبق عليه بنود نظرية الحركة الجزيئية.

الفكرة الرئيسة:

تفسّر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، وتستخدم قوانين الغازات في وصف العلاقة بين العوامل التي تؤثر في سلوك الغاز.

نتائج التعلم:

- أفسّر الخصائص الفيزيائية للغازات اعتماداً على نظرية الحركة الجزيئية.
- أتوصل إلى قوانين الغازات وقانون الغاز المثالي لفهم سلوك الغازات وتطبيقاتها العملية.
- أجري حسابات مستخدماً قوانين الغازات المختلفة وقانون الغاز المثالي.

المفاهيم والمصطلحات:

القابلية للانضغاط	Compressibility
نظرية الحركة الجزيئية	Kinetic Molecular Theory
الغاز المثالي	Ideal Gas
تصادمات مرنة	Elastic Collisions
قانون بويل	Boyle's Law
قانون شارل	Charles's Law
قانون جاي-لوساك	Gay-Lussac's Law
القانون الجامع للغازات	Combined Gas Law
قانون أفوجادرو	Avogadro's Law
الحجم المولي	Molar Volume
قانون الغاز المثالي	Ideal Gas Law
قانون دالتون للضغوط الجزئية	Dalton's Law Of Partial Pressures
الانتشار	Diffusion
التدفق	Effusion
قانون جراهام	Graham's Law

الحالة الغازية
Gaseous State

تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

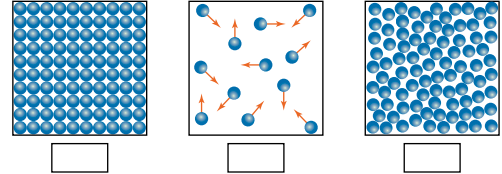
أوجه الطلبة إلى قراءة الفكرة الرئيسة، ثم أمهد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للغازات، مثل قابليتها للانتشار وقابليتها للانضغاط. أ طرح السؤال الآتي على الطلبة:

كيف توصل العلماء إلى تفسير خصائص الغازات؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبين لهم أنه من خلال تجارب عملية مختلفة قام بها عدد من العلماء، كان التوصل إلى قوانين عدة تصف سلوك الغاز، وتوضح العلاقة بين حجم الغاز المحصور، وضغطه، ودرجة حرارته المطلقة، وعدد مولاته، ثم وضعت نظرية الحركة الجزيئية التي فسرت خصائص الغازات وقوانينها.

الربط بالمعرفة السابقة:

أراجع الطلبة في ما درسوه سابقاً عن حالات المادة، وأزودهم بورقة عمل تتضمن الشكل والأسئلة الآتية، وأوجههم إلى دراسة الشكل ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:



أصنف المواد في الشكل إلى صلبة وسائلة وغازية.

أصنف المادة في كل حالة وفق الجدول الآتي: ملاحظة: (جسيمات المادة قد تكون: ذرات، جزيئات، أيونات)

حالة المادة	الشكل ثابت أو غير ثابت	المسافة بين الجسيمات	قوى التجاذب بين الجسيمات
صلبة			
سائلة			
غازية			

أوجه الطلبة إلى الحلّ فرادى، وأمنحهم وقتاً كافياً، ثم أناقش الحلّ معهم، وأبين لهم أن قوى التجاذب بين الجزيئات هي أحد العوامل المهمة لتحديد الحالة الفيزيائية للمادة، بالإضافة إلى عوامل أخرى، مثل طاقة حركة الجزيئات والمسافة بينها، وأنهم سيدرسون خصائص الغازات وقوانينها وتفسيرها بناء على نظرية الحركة الجزيئية.

التدريس 2

بناء المفهوم:

أوجه السؤال الآتي إلى الطلبة:

علام اعتمد العلماء عند بناء نظرية الحركة الجزيئية لتفسير الاختلاف في خصائص المادة في الحالات الثلاثة؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى الإجابة الصحيحة وهي:

إجابة محتملة: فسّر الاختلاف في الخصائص اعتماداً على الاختلاف في الطاقة الحركية التي تمتلكها الجسيمات، وقوى التجاذب بينها.

أبين للطلبة أن نظرية الحركة الجزيئية تفترض وجود غاز سمي بالغاز المثالي، له خصائص محددة وهي: أنه غاز افتراضي، حجم جسيماته مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز صغير جداً، بحيث يمكن افتراض أنه مساو للصفر، وقوى التجاذب بين جسيماته معدومة وتطبق عليه بنود نظرية الحركة الجزيئية.

استخدام الصور والأشكال:

● أخبر الطلبة أنه بواسطة مناقشة الأشكال سيجري التوصل إلى بنود نظرية الحركة الجزيئية وكيفية توظيفها لتفسير خصائص الغازات:

● أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (1) وملاحظة المسافة بين الجزيئات، ثم أناقشهم فيه؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز متباعدة، بينها مسافات كبيرة أي أن معظم حجم الغاز فراغ، وهو ما يفسر كثافة الغازات القليلة وقابليتها للانضغاط.

● أوجه الطلبة إلى دراسة الشكلين (2,3) ثم أطلب إليهم وصف حركة جسيمات الغاز وتصادماتها، وأثرها في طاقة حركة الجسيمات.

● أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز في حركة مستمرة، وعشوائية، وسريعة، وبالتالي فإنها تمتلك طاقة حركية عالية تجعل قوى التجاذب بينها شبه معدومة، وأنها تتصادم في ما بينها ومع جدار الإناء الموجودة فيه تصادمات مرنة، مينا لهم معنى التصادمات المرنة، وهو ما يفسر انتشار الغاز وتدفعه.

● أوجه السؤالين الآتين إلى الطلبة:

- اعتماداً على خصائص الغاز المثالي هل يمكن إسالته؟
إجابة محتملة: لأن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز معدومة، لذلك لا يمكن إسالته مهما زاد الضغط عليه وانخفضت درجة حرارته.

- ما تأثير زيادة درجة الحرارة على طاقة حركة جسيمات الغاز؟ زيادة درجة الحرارة تزيد من سرعة حركة جسيمات الغاز وطاقة حركتها.

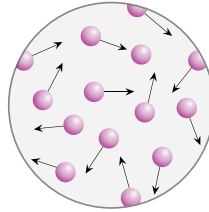
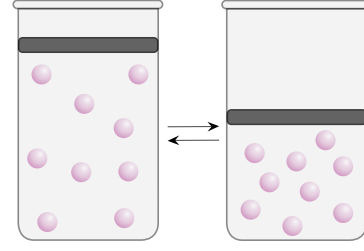
● أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل للإجابات الصحيحة.

● أوزع الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية الطاولة المستديرة، بحيث أكتب السؤال الآتي في أعلى ورقة فارغة:

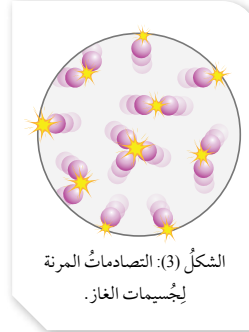
- ما بنود نظرية الحركة الجزيئية؟

● أمرر ورقة لكل مجموعة بحيث يكتب كل طالب/ طالبة في المجموعة أحد بنود النظرية، ويمرر الورقة للطلاب/ الطالبة الذي يليه/ يليها في المجموعة، بحيث تضاف نقطة إضافية للإجابة وهكذا... ثم أطلب إنهاء ذلك. أطلب إلى كل مجموعة أن تُنظّم مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات، وتجري مناقشتها للتوصل إلى بنود نظرية الحركة الجزيئية.

الشكل (1): قابلية الغازات للانضغاط.



الشكل (2): الحركة العشوائية لجسيمات الغاز.



الشكل (3): التصادمات المرنة لجسيمات الغاز.

بنود نظرية الحركة الجزيئية:

1- تتكوّن الغازات من جسيمات (جزيئات أو ذرات) متناهية في الصغر (مهملة الحجم) ومتباعدة جداً؛ أي بينها فراغات كبيرة؛ مما يعني أن معظم الحجم الذي يشغله الغاز فراغ.

وهو ما يفسّر الكثافة المنخفضة للغازات مقارنة بالسوائل والمواد الصلبة، كما يفسّر قابلية الغازات للانضغاط بسهولة، كما في الشكل (1).

2- تتحرك جسيمات الغاز حركة مستمرة وعشوائية وسريعة بخطّ مستقيم وفي جميع الاتجاهات.

وهذا ما يكسبها طاقة حركية تتغلّب على قوى التجاذب بينها، وهو ما يفسّر انتشار الغازات وتدفعها. كما في الشكل (2).

3- تصادم جسيمات الغاز في ما بينها، كما تصادم مع جدار الإناء الموجودة فيه تصادمًا مرناً (Elastic Collision)؛ أي أن تبادلًا للطاقة يجري بين الجسيمات المتصادمة، فالطاقة التي يفقدتها أحد الجسيمات يكسبها جسيم آخر؛ لذا يبقى مجموع الطاقة الحركية التي تمتلكها الجسيمات محفوظاً عند درجة الحرارة نفسها. كما في الشكل (3).

4- قوى التجاذب بين جسيمات الغاز المثالي معدومة؛ لذلك لا يمكن إسالته مهما زاد الضغط المؤثر فيه أو انخفضت درجة حرارته.

نشاط سريع

- أحضر زجاجة ساعة وأضعها على طاولة في منتصف الصف، وأضع كمية مناسبة من عطر ذي رائحة قوية فيها، وخلال ذلك أخبر الطلبة أن يرفع الطالب يده عندما يشم رائحة العطر وأراقب عملية رفع الأيدي. ثم أناقش الطلبة من خلال الاسئلة الآتية:
 - كيف وصلت رائحة العطر إلى جميع أجزاء الصف؟ بسبب انتشار جسيمات العطر داخل الصف.
 - علام يدل ذلك في ما يتعلق بحركة جسيمات الغاز؟ أن جسيمات الغاز (العطر) في حركة سريعة ومستمرة وعشوائية.
 - ما الحجم الذي يشغله الغاز بعد انتشاره؟ حجم المكان الذي انتشر فيه.
 - علام يدل ذلك بالنسبة إلى قوى التجاذب بين جسيمات الغاز؟ أن قوى التجاذب ضعيفة جدا ويمكن وصفها بأنها شبه معدومة.
- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز تتحرك حركة سريعة مستمرة وعشوائية، وتكون المسافة بين جسيمات الغاز كبيرة لذلك؛ فإن قوى التجاذب بينها شبه معدومة، ولذلك ينتشر الغاز بسهولة ويكون حجمه مساويا لحجم الوعاء الذي يوضع فيه.

المناقشة:

- أوجه الأسئلة الآتية إلى الطلبة:
- أعطي أمثلة على غازات حقيقية.

$O_2, CO_2, N_2, H_2, He \dots$

- أصف حالة هذه الغازات، من حيث المسافة بين جسيماتها وقوى التجاذب بينها في الظروف العادية. وأقارن سلوكها بسلوك الغاز المثالي.

المسافة بين جسيماتها كبيرة جداً، وقوى التجاذب بينها شبه معدومة، وتشبه سلوك الغاز المثالي.

- ما أثر زيادة الضغط المؤثر على الغاز الحقيقي وخفض درجة حرارته على سلوكه مقارنة بالغاز المثالي؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة الضغط المؤثر على الغاز الحقيقي يقلل من المسافات الفاصلة بين جسيماته، فتنشأ بينها قوى تجاذب؛ فتقل سرعتها، وبالتالي تقل طاقتها الحركية، كما أن خفض درجة الحرارة يقلل من طاقتها الحركية أيضاً، أي أن الغاز الحقيقي ينحرف في سلوكه عن الغاز المثالي، وكلما زاد الضغط وانخفضت درجة الحرارة يزداد التجاذب بين الجسيمات؛ فتتحول إلى الحالة السائلة ويزداد انحرافها عن سلوك الغاز المثالي.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (4) وأستخدم إستراتيجية التفكير الناقد؛ لتحفيز تفكير الطلبة إلى ملاحظة أثر قوى التجاذب بين جسيمات الغاز الحقيقي على حركة هذه الجسيمات مقارنة بالغاز المثالي، ثم أناقشهم للتوصل إلى أن قوى التجاذب بين الجسيمات تقلل من سرعة حركة الجسيمات وتحرفها عن مسارها.

✓ **أتحقّق:** يكون سلوك الغاز الحقيقي أقرب إلى سلوك الغاز المثالي كلما زادت درجة الحرارة وقل الضغط المؤثر على الغاز.

أمّخر: Ne

تعزير: أوضح للطلبة أنه هناك حالات أخرى توجد

فيها مواقف حقيقية وأخرى مثالية؛ فالسيارة مثلاً تصمم موفرة للطاقة تماماً (مثالية)، ولكن السيارة الحقيقية تفقد الطاقة نتيجة الاحتكاك أو عدم الاحتراق الكلي للوقود، وبطارية الهاتف نظرياً قابلة لإعادة الشحن مرات غير نهائية (مثالية)، بينما البطارية الحقيقية تتلف بسبب الحرارة أو سوء الاستخدام. فالنماذج المثالية مهمة إذ غالباً ما تكون المقارنة بها، ولكنها نادراً ما توجد في الحياة الواقعية.

5 - يعتمد متوسط الطاقة الحركية Kinetic Energy لجسيمات الغاز على سرعتها التي تزداد بزيادة درجة الحرارة وتقل بنقصانها.

الغازات الحقيقية Real Gases

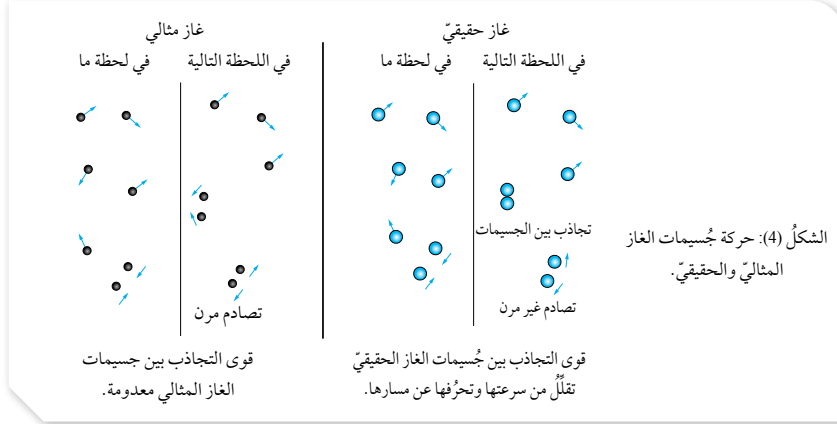
المسافات بين جسيمات الغاز الحقيقي في الظروف العادية كبيرة جداً وقوى التجاذب بينها شبه معدومة، فيكون سلوكها مشابهاً لسلوك الغاز المثالي. وعند زيادة الضغط المؤثر في الغاز الحقيقي فإن المسافات بين جسيماته تقل وتنشأ بينها قوى تجاذب؛ مما يقلل حركتها العشوائية وسرعتها فتتحرف عن سلوك الغاز المثالي، وكلما زادت قوى التجاذب بين جسيمات الغازات زاد انحرافها عن سلوك الغاز المثالي، وذلك عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة؛ لذا تختلف الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي، ويزداد اختلافها بزيادة الضغط المؤثر فيها وخفض درجة حرارتها.

فمثلاً، يتكوّن غاز الهيليوم من ذرات صغيرة جداً تتجاذب بقوى لندن الضعيفة؛ لذا يشبه في سلوكه الغاز المثالي، وعند زيادة الضغط وخفض درجة الحرارة على نحو كبير فإن ذرات الغاز تتقارب وتقل طاقتها الحركية ويزداد التجاذب في ما بينها، فيتحوّل الغاز إلى الحالة السائلة.

يوضّح الشكل (4) أثر قوى التجاذب بين جسيمات الغاز الحقيقي في حركة هذه الجسيمات مقارنة بجسيمات الغاز المثالي عند لحظتين متتاليتين.

أمّخر: أيّ الغازين Ne أم NH_3 تتوقّع أن يكون أقرب في سلوكه إلى الغاز المثالي عند الظروف نفسها؟

✓ **أتحقّق:** ما الظروف التي يكون سلوك الغاز الحقيقي عندها أقرب إلى سلوك الغاز المثالي؟



56

نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة

طريقة أخرى للتدريس

- أقسم الطلبة في مجموعات، وأكلف كل مجموعة بإعداد لوحة تحت العنوان الآتي: نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة تبين أثر الطاقة الحركية للجسيمات وقوى التجاذب بينها على خصائص المادة، عن طريق رسم جدول وتقسيمه، بحيث يتضمن حالات المادة الثلاث كالآتي، ثم العودة إليه وإكماله بعد الإنتهاء من دراسة كل حالة منها:

حالة المادة	الطاقة الحركية للجسيمات	قوى التجاذب بين الجسيمات	تأثيرها على الخصائص
الحالة الغازية	كبيرة	شبه معدومة	إكساب الغازات شكلاً وحجماً غير ثابتين،...
الحالة السائلة			
الحالة الصلبة			

* تعلق أفضل اللوحات في المكان المخصص في الصف.

استخدام الصور والأشكال:

- أراجع الطلبة في بنود نظرية الحركة الجزيئية، ثم أوجههم إلى دراسة الشكل (5) وأطرح عليهم السؤال الآتي:
- ماذا ينتج عن التصادم المستمر لجسيمات الغاز بالجدار الداخلي للإناء الموجود فيه؟

أناقش إجابات الطلبة؛ للتوصل إلى أن هذه التصادمات تولد قوة تؤثر في وحدة المساحة تسمى ضغط الغاز. ثم أبين لهم وحدات قياس الضغط وهي: مليمتريزئق (mmHg)، وضغط جوي (atm)، وكيلوباسكال (KPa) والعلاقة بينها.

- أطرح السؤال الآتي:
- ما العوامل المؤثرة في ضغط كمية محددة من الغاز؟
- حجم الغاز ودرجة حرارته.

أبين للطلبة أن عددا من العلماء قاموا بدراسة العلاقة بين حجم الغاز، وضغطه، ودرجة حرارته، وعدد مولاته، وانهم توصلوا لمجموعة من القوانين تعبر عن هذه العلاقات، وأن نظرية الحركة الجزيئية فسرت هذه القوانين، وهو ما ستجري دراسته.

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (5) ثم أسألهم:
- ما العلاقة بين ضغط كمية محددة من الغاز وحجمه عند ثبات درجة حرارته.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل معهم إلى نص قانون بويل وهو أن: (حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة حرارته).

ورقة العمل (1)

أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، وأوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، ثم أزودهم بورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل فرادى أولاً، وأمنحهم 5 min، ثم مناقشة الحلول داخل المجموعة، وأوجه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأدير نقاشاً مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

قوانين الغاز The Gas Laws

عرفت أن جسيمات الغاز في حركة دائمة ومستمرة وعشوائية، ومن ثم فإنها تتصادم مع بعضها من ناحية وتصطدم بجدار الإناء المحصورة فيه من ناحية أخرى، كما في الشكل (5). يولد التصادم المستمر بجدار الإناء الداخلي قوة تؤثر فيه تسمى ضغط الغاز، وهي القوة المؤثرة في وحدة المساحة. ويعتمد ضغط كمية محددة من الغاز على عاملين، هما: حجم الغاز، ودرجة حرارته.

وحدات قياس الضغط ورموزها والعلاقات بينها:

ضغط جوي (atm)

مليمتريزئق (mmHg) ، 1 atm = 760 mmHg

كيلوباسكال (KPa) ، 1 atm = 101.3 KPa

توضح قوانين الغاز العلاقات الرياضية بين كل من كمية الغاز وحجمه وضغطه ودرجة حرارته.

قانون بويل Boyle's Law

درس العالم بويل العلاقة بين ضغط الغاز المحصور وحجمه عند ثبات درجة حرارته، وتوصل إلى أن مضاعفة ضغط كمية محددة من الغاز المحصور يؤدي إلى نقصان حجمه إلى النصف، وأن إنقاص ضغطه إلى النصف يؤدي إلى زيادة حجمه إلى الضعف، كما يبين الشكل (6)، وينص قانون بويل Boyle's Law على أن: (حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب عكسياً مع الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة حرارته).

الشكل (5): ينشأ ضغط الغاز عن التصادمات المستمرة لجسيمات الغاز مع جدار الإناء.

الشكل (6): مضاعفة ضغط الغاز تؤدي إلى نقصان حجمه إلى النصف.

57

تعزير:

غاز ضغطه 5.3 atm، احسب ضغطه بوحدة mmHg وبوحدة KPa.

الحل:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} , 1 \text{ atm} = 101.3 \text{ KPa}$$

$$5.3 \times 760 = 4028 \text{ mmHg}$$

$$5.3 \times 101.3 = 536.89 \text{ KPa}$$

ضغط الغاز بوحدة mmHg:

ضغط الغاز بوحدة KPa:

المناقشة:

• أطر السؤال الآتي:

- كيف نعبّر رياضياً عن العلاقة العكسية بين ضغط الغاز وحجمه؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

• أسأل الطلبة:

- كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية قانون بويل؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة حجم الغاز يزيد من المسافات الفاصلة بين جسيماته، فتقل عدد التصادمات مع جدار الإناء فيقل ضغط الغاز عند ثبات درجة حرارته.

التجربة 1

قانون بويل

الهدف: أستقصي العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته
 زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج، رسم المنحنيات.
إرشادات السلامة:

• أوجه الطلبة إلى الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
 • أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

• أجهز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
 • أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
 • في الخطوة الثالثة؛ أوجه انتباه الطلبة إلى تحري الدقة عند أخذ قراءات الحجم والضغط للغاز.
 • في الخطوة الرابعة؛ أوجه الطلبة إلى استخدام ورق الرسم البياني، وتحري الدقة عند تحديد النقاط على المنحنى، ورسم المنحنى بحيث يصل بين أكبر عدد من النقاط.
 • أنجول بين الطلبة موجّهاً ومُرشدًا ومُساعداً. وأدير نقاشاً معهم؛ لاستنتاج العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته.

النتائج المتوقعة: نقصان حجم الغاز يزيد من ضغطه وزيادة حجم الغاز يقلل من ضغطه عند ثبات درجة حرارته.

يُعبّر عن قانون بويل رياضياً على النحو الآتي:

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V = \frac{k}{P}$$

$$P \times V = k$$

حيث k مقدارٌ يسمى ثابت التناسب، ومنها

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

حيث V: حجم الغاز، ويمكن قياسه بوحدة اللتر (L) أو المليلتر (mL)،
 P: ضغط الغاز.

ويمكن تفسير قانون بويل باستخدام نظرية الحركة الجزيئية؛ إذ إن زيادة الضغط المؤثر في الغاز المحصور يؤدي إلى تقارب جسيماته فيقل حجمه، ويزداد عدد تصادمات جسيمات الغاز مع جدار الإناء فيزداد ضغطه عند ثبات درجة حرارته.

التجربة 1

قانون بويل

المواد والأدوات اللازمة:

محقن طبي 50 mL، ساعة لقياس الضغط، أنبوب مطاطي.

إرشادات السلامة:

• أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
 • ارتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

خطوات العمل:

- 1- أركب الجهاز، كما هو موضّح في الشكل.
- 2- أحكم إغلاق الأنبوب المطاطي في المحقن وساعة قياس الضغط.
- 3- **أقيس:** أسحب مكبس المحقن الطبي إلى أعلى وأسجل قيمة الضغط. أكرر ذلك عند بقية الحجوم في الجدول. أسجل ملاحظاتي.
- 4- **أرسم بيانياً** العلاقة بين حجم الهواء وضغطه.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أصف العلاقة بين ضغط الهواء وحجمه.
- 2- **أفسر** العلاقة بين ضغط الهواء وحجمه.

الحجم (mL)	10	15	20	25	30	35	40
الضغط (atm)							

58

التحليل والاستنتاج:

1. علاقة عكسية؛ زيادة حجم الغاز يقلل من ضغطه، ونقصان حجم الغاز يزيد من ضغطه عند ثبات درجة حرارته.
2. زيادة حجم الغاز يزيد من المسافات الفاصلة بين جسيماته؛ فتقل عدد التصادمات بينها ومع جدار الإناء، فيقل ضغط الغاز، عند ثبات درجة حرارته.

تقويم تجربة: قانون بويل.

أداة التقويم: سلم تقدير.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

الرقم	معيار الأداء	3	2	1
1	تركيب الجهاز المستخدم بشكل صحيح وإحكام إغلاق الأنبوب المطاطي فيه من طرفيه.			
2	سحب المكبس، بحيث يتم تحديد حجم الهواء بدقة.			
3	قراءة جهاز الضغط وتسجيل قيمته بدقة.			
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.			

المثال 1

عينة من غاز النيتروجين حجمها 150 mL وضغطها 0.950 atm، أحسب حجمها بوحدة (mL) حين يصبح ضغطها يساوي 0.990 atm عند درجة الحرارة نفسها.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$V_1 = 150 \text{ mL}$$

$$P_1 = 0.950 \text{ atm}$$

$$P_2 = 0.990 \text{ atm}$$

المطلوب: حساب V_2 عند درجة الحرارة نفسها

الحل:

أكتب القانون

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

أعيد ترتيب القانون لحساب V_2 :

$$V_2 = P_1 \times \frac{V_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{0.950 \text{ atm} \times 150 \text{ mL}}{0.990 \text{ atm}}$$

$$V_2 = 143.94 \text{ mL}$$

✓ **أنتحق:** عينة من غاز محصور حجمها 4 L عند ضغط 2 atm، سمح لها بالتمدد حتى أصبح حجمها 12 L. أحسب ضغطها عند درجة الحرارة نفسها.

59

المناقشة:

• أكتب العلاقة الرياضية التي تربط حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته.

• عند ثبات درجة الحرارة $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

• أكلف الطلبة بدراسة المثال (1) وأناقشهم فيه، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

عينه من غاز حجمها 7.5 L عند ضغط 0.988 atm ودرجة حرارة 28 °C، أحسب ضغط الغاز إذا خُفض حجمه إلى 4.89 L مع بقاء درجة حرارته ثابتة

الحل:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$0.988 \times 7.5 = P_2 \times 4.89$$

$$P_2 = \frac{0.988 \times 7.5}{4.89}$$

$$P_2 = 1.51 \text{ atm}$$

✓ **أنتحق:**

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$2 \times 4 = P_2 \times 12, P_2 = 0.667 \text{ atm}$$

ألاحظ أن مضاعفة الحجم 3 مرات خفض الضغط إلى الثلث.

تعزير:

أشجع الطلبة على توقع الإجابة باستخدام مهاراتهم في التفكير. فإذا زاد الحجم يجب أن يقل الضغط والعكس. ثم يمكنهم مقارنة القيمة المعطاة بالقيمة المحسوبة لمعرفة ما إذا كانت القيمتان مرتبطتين ببعضهما بعضا بشكل صحيح.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التحليل.

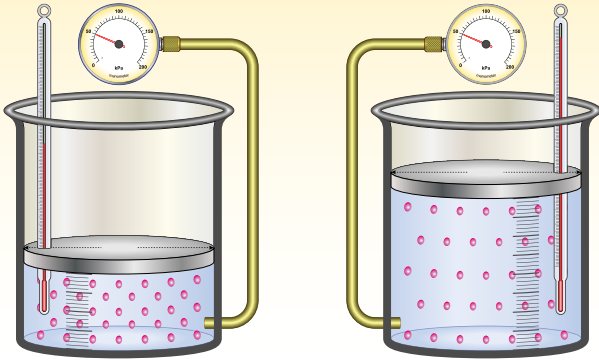
أخبر الطلبة أن التحليل هو أحد مهارات التفكير التي تجري فيها تجزئة الموضوع، أو الأشكال، والصور إلى عناصرها، وفهم هذه العناصر، وإيجاد العلاقات بينها، واستخدامها في تفسير هذه العلاقات.

قوانين الغازات

طريقة أخرى للتدريس

• أزود الطلبة ببطاقات ملونة، أو أطلب منهم تحضيرها مسبقا، وأطلب إليهم رسم الجدول الآتي، بحيث يضاف كل قانون تجري دراسته إلى الجدول:

اسم القانون	صيغة القانون
قانون بويل	$P_1 V_1 = P_2 V_2$



الشكل (7): أثر زيادة درجة حرارة الغاز في حجمه عند ثبات ضغطه.

قانون شارل Charles's Law

درس العالم شارل أثر تغيير درجة حرارة الغاز المحصور في حجمه عند ثبات ضغطه، وتوصل إلى أن زيادة درجة حرارة الغاز المطلقة تزيد من حجمه عند ثبات ضغطه، فعند زيادتها إلى الضعف -مثلاً- يتضاعف حجمه عند ثبات الضغط، كما يبين الشكل (7). سُميت هذه العلاقة **قانون شارل Charles's Law**، وينص على أن: «حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه».

درجة الحرارة المطلقة
بالكلفن (Kelvin)
= درجة الحرارة سلسيوس + 273
 $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$

يُعبّر عن قانون شارل رياضياً على النحو الآتي:
عند ثبات الضغط (P) فإن

$$V \propto T$$

$$V = k \times T$$

$$k = \frac{V}{T}$$

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

حيث V: حجم الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، k: ثابت التناسب.

استخدام الصور والأشكال:

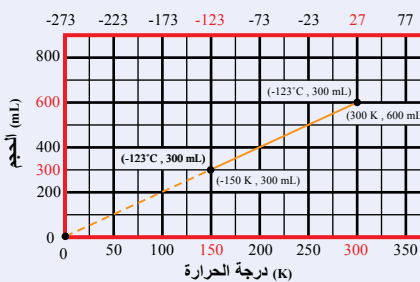
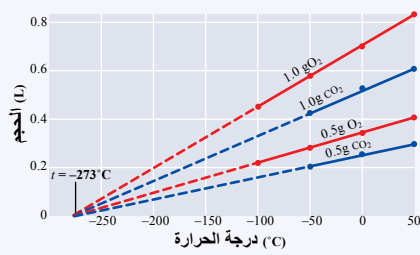
- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (7) ثم أسألهم: ما العلاقة بين حجم الغاز المحصور ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه؟
- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبين لهم أن العالم شارل توصل عن طريق تجارب عدة إلى أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة، حيث تساوي $(^{\circ}C + 273)$ عند ثبات ضغطه.

المناقشة:

- أراجع الطلبة في التجربة الاستهلاكية، وأسألهم عن التغيير الذي حدث لحجم الهواء في البالون بزيادة درجة الحرارة ونقصانها. **إجابة محتملة:** ازداد حجم الهواء بزيادة درجة الحرارة وقلّ بنقصانها.
- أوجه السؤال الآتي إلى الطلبة: كيف نعبر رياضياً عن العلاقة الطردية بين درجة حرارة الغاز وحجمه عند ثبات ضغطه؟
- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: عند ثبات الضغط:

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

إضاءة للمعلم / للمعلمة



درس العالم شارل العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه، استخدم في دراسته البالونات المملوءة بالهواء الساخن أو الهيدروجين، حيث توصل إلى أن حجم كمية محددة من الغاز المحصور يزداد بزيادة درجة الحرارة ($^{\circ}C$) عند ثبات الضغط في علاقة رياضية خطية، كما يبين الشكل الأول، لاحظ أنه عند مد الخطوط (الخط المنقط)؛ فإنها تتقاطع مع محور درجة الحرارة في نقطة واحدة هي $(-273^{\circ}C)$ للغازات كافة باختلاف كمياتها، أي أنه عند هذه الدرجة يصبح حجم أي غاز مساوياً (0) ، وهذا لا يحدث مطلقاً؛ لأنها تتحول إلى الحالة السائلة أو الصلبة قبل هذه الدرجة. وسُميت هذه الدرجة بالصفر المطلق، وتوصل العالم كلفن إلى مقياس جديد لدرجة الحرارة هو درجة الحرارة المطلقة وتساوي $(^{\circ}C + 273)$ ، وتقاس بوحدة الكلفن. استكمل العالم جاي لوساك عمل أستاذه شارل، وتوصل إلى أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه، كما يبين الشكل الثاني، وقد نشر القانون باسم قانون شارل.

المناقشة:

- أ طرح السؤال الآتي على الطلبة:
- كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية قانون شارل؟
أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة درجة حرارة الغاز يزيد من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، فتزداد سرعتها وتصادماتها مع جدار الإناء، وحتى يبقى الضغط ثابتاً؛ فلا بد من زيادة الحجم.
- أناقش الطلبة في المثال (2)، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

بالون يحتوي على غاز الهيليوم، حجم الغاز فيه يساوي 5.5 L عند 25 °C، أحسب درجة الحرارة (°C) إذا أصبح حجم الغاز يساوي 6.9 L بفرض ثبات الضغط.

الحل:

$$T_1 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

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

عند ثبات الضغط

$$\frac{5.5}{298} = \frac{6.9}{T_2}$$

$$T_2 = 373.9 \text{ K} = 100.9 \text{ °C}$$

أتحقق: ✓

$$T_1 = 24 \text{ °C} + 273 = 297 \text{ K}$$

$$V_1 = \frac{430 \text{ mL}}{1000} = 0.43 \text{ L}$$

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

$$\frac{0.43}{297} = \frac{0.75}{T_2}, \quad T_2 = \frac{297 \times 0.75}{0.43}$$

$$T_2 = 518 \text{ K}, \quad T_2 = 518 - 273 = 245 \text{ °C}$$

ويمكن تفسير قانون شارل باستخدام نظرية الحركة الجزيئية؛ حيث إن زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، فتزداد سرعتها ويزداد عدد تصادماتها مع جدار الإناء، ولكي يبقى ضغط الغاز المحصور ثابتاً لا بد من زيادة حجمه.

المثال 2

عينة من غاز الأكسجين حجمها 6.82 L عند 327 °C. أحسب حجمها بوحدة (L) عند 27 °C بفرض ثبات الضغط.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$V_1 = 6.82 \text{ L}$$

$$T_1 = 327 \text{ °C}$$

$$T_2 = 27 \text{ °C}$$

المطلوب: حساب V_2 بفرض ثبات الضغط (P).

الحل:

تحويل درجات الحرارة من °C إلى K

$$T_1 = 327 \text{ °C} + 273 = 600 \text{ K}$$

$$T_2 = 27 \text{ °C} + 273 = 300 \text{ K}$$

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

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{6.82 \text{ L} \times 300 \text{ K}}{600 \text{ K}}$$

$$V_2 = 3.41 \text{ L}$$

كتابة القانون

إعادة ترتيب القانون لحساب V_2 ، ثم التعويض:

الأحظ أن خفض درجة الحرارة المطلقة إلى النصف (600 K → 300 K) أدى إلى نقصان حجم الغاز إلى النصف (6.82 L → 3.41 L).

✓ أتحقق: عينة من غاز النيتروجين حجمها 430 mL عند 24 °C عند أي درجة حرارة يصبح حجمها 0.75 L بفرض ثبات الضغط؟

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن مضاعفة درجة الحرارة السيليزية (°C) لكمية محددة من الغاز المحصور يؤدي إلى تضاعف حجمه، في الحقيقة أن حجم الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة، ولكن التناسب الطردي للحجم هو مع درجة الحرارة المطلقة؛ فعند مضاعفة درجة الحرارة المطلقة للغاز يتضاعف حجمه.

استخدام الصور والأشكال:

أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) والإجابة عن الأسئلة الآتية:

ما أثر زيادة درجة الحرارة الغاز على الطاقة الحركية لجسيماته وبالتالي سرعتها وتصادماتها؟ تزداد سرعة الجزيئات وعدد تصادماتها.

ما أثر زيادة درجة الحرارة على ضغط الغاز عند ثبات حجمه؟ يزداد.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة درجة الحرارة تزيد من عدد تصادمات الجسيمات مع بعضها بعضاً، ومع جدار الإناء؛ وبالتالي؛ فإنها تزيد من ضغط الغاز عند ثبات حجمه. وأبين للطلبة أن ذلك يتفق مع نظرية الحركة الجزيئية.

المناقشة:

أسأل الطلبة: ما العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه؟ (طردية).

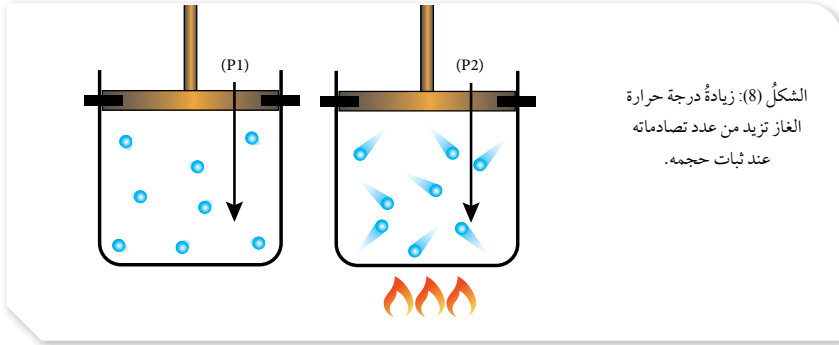
أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن العالم جاي لوساك درس هذه العلاقة، وتوصل إلى أن قانونه الذي ينص أن: «ضغط كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه».

أطرح السؤال الآتي:

كيف نعبر رياضياً عن العلاقة الطردية بين درجة حرارة الغاز وضغطه عند ثبات حجمه؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي:

$$\text{عند ثبات حجم الغاز } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



قانون جاي - لوساك Gay-Lussac's Law

درس العالم جاي - لوساك العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبات حجمه، وتوصل إلى أن زيادة درجة حرارة كمية محددة من الغاز المحصور تزيد من ضغطه عند ثبات حجمه، كما يبين الشكل (8). يُطلق على هذه العلاقة **قانون جاي- لوساك Gay-Lussac's Law**، وينص على أن «ضغط كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه». تفسر نظرية الحركة الجزيئية قانون جاي- لوساك؛ إذ تؤدي زيادة درجة حرارة الغاز إلى زيادة متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، ومن ثم تزداد سرعتها ويزداد عدد تصادماتها فيزداد ضغطه عند ثبات حجمه.

يُعبر عن قانون جاي- لوساك رياضياً على النحو الآتي:

$$P \propto T \quad \text{عند ثبات الحجم (V) فإن}$$

$$P = k \times T$$

$$k = \frac{P}{T}$$

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

حيث P: ضغط الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، k: ثابت التناسب.

إهداء للمعلم / للمعلمة

بناء على بنود نظرية الحركة الجزيئية فإن متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تعتمد على درجة الحرارة المطلقة وفق المعادلة الآتية:

$$\text{متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الغاز} = \frac{3}{2} RT$$

حيث: متوسط الطاقة الحركية = مجموع الطاقة الحركية لجميع الجسيمات مقسوماً على عددها. وبالتالي فإن زيادة درجة الحرارة تزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات فتزداد سرعة الجسيم حسب المعادلة:

الطاقة الحركية للجسيم $= \frac{1}{2} mv^2$ ما يؤدي لزيادة عدد وقوة تصادماتها، فيزداد ضغط الغاز.

المثال 3

تحمّل عبوات الرذاذ، مثل ملطّفات الجوّ ومثبتات الشّعر، إشاراتٍ تحدّر من تسخين العبلة أو تخزينها على درجات حرارة عالية. إذا علمت أنّ ضغط الغاز داخل إحدى هذه العبوات 775 mmHg عند درجة حرارة 25 °C، وارتفعت درجة حرارة الجو إلى 40 °C، فأحسب ضغط الغاز داخلها.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$P_1 = 775 \text{ mm Hg}$$

$$T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

الاحظ أنّ حجم العبلة الفلزية يبقى ثابتاً.

المطلوب: حساب P_2 .

الحل:

أحوّل درجات الحرارة من °C إلى K

$$T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 313 \text{ K}$$

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

أكتب القانون

أعيد ترتيب القانون لحساب P_2 ، ثمّ أعوض:

$$P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{775 \text{ mmHg} \times 313 \text{ K}}{298 \text{ K}}$$

$$P_2 = 814.0 \text{ mmHg}$$

✓ **أتحقّق:** إذا كان ضغط الهواء داخل إطار سيارة 1.85 atm عند 27 °C، وبعد قيادتها لمسافة معيّنة أصبح 2.2 atm، فأحسب درجة حرارته، بفرض ثبات حجمه.

الرّبط بالحياة

تفقّد ضغط الهواء في إطارات السيارة

عند قيادة السيارة مسافةً طويلة فإنّ درجة حرارة الهواء وضغطه يرتفعان داخل إطاراتها؛ لذلك يُصحّ بتفقّد الضغط قبل تحريك السيارة.



63

المناقشة:

- أكّلف الطلبة بدراسة المثال (3) وأناقشه معهم، ثمّ أوّجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

تمارس عينة من الغاز ضغطاً يساوي 0.46 atm عند درجة حرارة 20 °C، أحسب ضغط الغاز إذا رفعت درجة حرارته إلى 60 °C مع بقاء حجمه ثابتاً.

الحل:

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}, T_2 = 60 + 273 = 333 \text{ K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{عند ثبات الضغط}$$

$$\frac{0.46}{293} = \frac{P_2}{333}$$

$$P_2 = 0.52 \text{ atm}$$

✓ **أتحقّق:**

$$T_1 = 27^\circ\text{C} + 273 = 300 \text{ K}$$

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

$$\frac{1.85}{300} = \frac{2.2}{T_2}, T_2 = \frac{2.2 \times 300}{1.85}$$

$$T_2 = 356.76 \text{ K}$$

$$T_2 = 356.76 - 273 = 83.76 \text{ }^\circ\text{C}$$

الرّبط بالحياة

- إسأل الطلبة: ماذا يحدث لدرجة حرارة الهواء في إطارات السيارة وضغطه عند قيادة السيارة لمسافة طويلة؟

- هل أقدم النصيحة إلى والدي/ والدي بتفقّد إطارات السيارة وضغط الهواء فيها قبل قيادتها أم بعد الإنتهاء من القيادة؟ أوّجّه الطلبة إلى قراءة موضوع الرّبط بالحياة، وحث الوالدين على تفقد إطارات السيارة قبل قيادتها.

⊗ **أخطاء شائعة**

في الأسئلة عن قوانين الغازات؛ قد يخطئ الطلبة بعدم تحويل درجة الحرارة من (°C → K)، أوّجّه الطلبة إلى التدقيق في قيم درجات الحرارة المستخدمة أو المحسوبة، فإذا كانت صغيرة حتى حوالي 100 درجة؛ أحثهم على مراجعة الحل والتأكد من تحويل قيم درجات الحرارة.

العلاقة بين المتغيرات في قوانين الغازات

طريقة أخرى للتدريس

- أطلب إلى الطلبة رسم جدول، بحيث يبين قوانين الغاز التي جرت دراستها، والعلاقة بين كمية الغاز (عدد مولاته n) وضغطه (P) وحجمه (V) ودرجة حرارته المطلقة (T) وفق كل قانون.

قانون الغاز	V	P	T	N
قانون بويل	↑	↓	ثابت	ثابت
قانون شارل	↑	ثابت	↑	ثابت
قانون جاي لوساك	ثابت	↑	↑	ثابت

المناقشة:

• أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

- ماذا يحدث لبالون مملوء بالهواء ارتفع لأعلى في الهواء حيث قل الضغط المؤثر عليه وقلت درجة حرارته؟
أستمع لإجابات الطلبة ولا أستثني أيًا منها، ثم أيقن لهم أن العلماء جمعوا قوانين بويل، وشارل، وجاي لوساك، في قانون واحد سمي بالقانون الجامع، ويمكن باستخدامه الإجابة عن السؤال السابق.

- أوجه السؤال الآتي: كيف يعبر رياضياً عن القانون الجامع للغازات؟

أطلب إلى الطلبة اشتقاق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: $\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$

• أناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أوجههم إلى حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

عينة من غاز حجمها 80 mL وضغطها 0.2 atm عند درجة حرارة 27°C؛ أحسب حجمها عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 0°C.

الحل:

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}, T_2 = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

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

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

$$V_2 = \frac{0.2 \times 80 \times 273}{1 \times 300}$$

$$V_2 = 14.6 \text{ mL}$$

القانون الجامع للغازات The Combined Gas Law

يصاحبُ تغييرُ درجة حرارة الغاز تغييرٌ في حجمه وضغطه معاً؛ لذلك جمع العلماء قوانين الغاز الثلاثة؛ بويل وشارل وجاي - لوساك، في قانون واحد سُمي القانون الجامع للغازات The Combined Gas Law، يصفُ العلاقة بين ضغط كمية محددة من الغاز المحصور وحجمها ودرجة حرارتها.

يُعبّر عن القانون الجامع رياضياً على النحو الآتي:

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V \propto T$$

$$V \propto \frac{T}{P}$$

$$V = k \times \frac{T}{P}$$

$$\frac{P \times V}{T} = k$$

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

حيثُ P: ضغط الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، V: حجم الغاز.

ومنها

حيثُ k ثابت التناسب

نعيدُ ترتيب المعادلة

ومنها

المثال 4

عينة من الهواء حجمها 5 L وضغطها 803 mmHg عند درجة حرارة 20°C - . أحسب ضغطها إذا سُخِّنت حتى أصبح حجمها 7 L ودرجة حرارتها 97°C.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$P_1 = 803 \text{ mmHg}, T_1 = -20^\circ \text{C}, V_1 = 5 \text{ L}, V_2 = 7 \text{ L}, T_2 = 97^\circ \text{C}$$

المطلوب: حساب P₂.

الحل:

أحوّل درجات الحرارة من °C إلى K

$$T_1 = -20^\circ \text{C} + 273 = 253 \text{ K}$$

$$T_2 = 97^\circ \text{C} + 273 = 370 \text{ K}$$

64

أخطاء شائعة

قد يجد بعض الطلبة صعوبة في تطبيق القانون الجامع للغاز نتيجة الضعف في بعض مهارات الرياضيات، ولذلك أحرص على إعطاء أمثلة لحساب جميع المتغيرات في القانون.

تعزيز:

تزويد الطلبة بالإجابات النهائية للأسئلة يساعدهم على التأكد من فهم خطوات حل المسألة، وبالتالي الحصول على التعزيز الإيجابي المناسب من المعلم، الذي يشجعهم على بذل المزيد.

مثال إضافي

عينة من غاز حجمها 1.75 L وضغطها 1.5 atm عند درجة حرارة -23°C ؛ أحسب درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط الغاز 2.1 atm وحجمه 1.3 L.

الحل:

$$T_1 = -23 + 273 = 250 \text{ K}, T_2 = ?$$

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

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

$$T_2 = \frac{2.1 \times 1.3 \times 250}{1.5 \times 1.75}$$

$$T_2 = 260 \text{ K} = -13^{\circ}\text{C}$$

تحقق: ✓

$$T_1 = 25^{\circ}\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 10^{\circ}\text{C} + 273 = 283 \text{ K}$$

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

$$\frac{1.08 \times 50}{298} = \frac{0.8 \times V_2}{283}, V_2 = \frac{1.08 \times 50 \times 283}{0.8 \times 298}$$

$$V_2 = 64.1 \text{ L}$$

تعزير: ◀

أبين للطلبة أنه يمكن استخدام القانون الجامع بدلا من قوانين بويل، وشارل، وجاي لوساك، إذ يجري حذف العامل الثابت من طرفي المعادلة، وتكمن أهميته بإمكانية استخدامه لحساب حجم كمية محددة من الغاز، أو ضغطها، أو درجة حرارتها، في حال تغير كلا العاملين الآخرين.

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

أكتب القانون

أعيد ترتيب القانون لحساب P_2 ، ثم أعوض:

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

$$P_2 = \frac{803 \text{ mmHg} \times 5 \text{ L} \times 370 \text{ K}}{253 \text{ K} \times 7 \text{ L}}$$

$$P_2 = 838.82 \text{ mmHg}$$

تحقق: إذا علمت أن بالوناً يحتوي على 50 L من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 25°C وضغط 1.08 atm، فأحسب حجمه عند ضغط 0.80 atm ودرجة حرارة 10°C .

الربط بالأرصاد الجوية

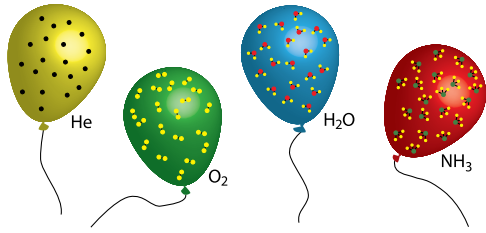
بالونات الطقس

تحمل بالونات الطقس أجهزة خاصة لقياس عناصر الطقس (درجات الحرارة، الرطوبة، الضغط الجوي) في طبقات الجو العليا، وما إن سُجِّل هذه البيانات حتى ترسلها إلى المحطات الأرضية؛ ما يسهم في دقة التنبؤات الجوية. وعندما يصل بالون الطقس إلى ارتفاع يزيد على 27 km ينفجر بسبب زيادة حجم الهواء فيه الناجم عن انخفاض الضغط الخارجي المؤثر في البالون. وتعد دائرة الأرصاد الجوية الأردنية مسؤولة عن إطلاق هذه البالونات؛ حيث توجد محطة خاصة لهذه الغاية في محافظة المفرق.



الربط بالأرصاد الجوية

إسأل الطلبة: لماذا تحرص الجهات المختصة على إصدار النشرة الجوية بشكل منتظم؟ ما مصدر المعلومات المتضمنة في هذه النشرة؟ أستمع لإجابات الطلبة، ثم أوجههم إلى قراءة موضوع الربط بالأرصاد الجوية؛ للتوصل لأهمية بالونات الطقس بوصفها أحد طرائق جمع المعلومات عن عناصر الطقس.



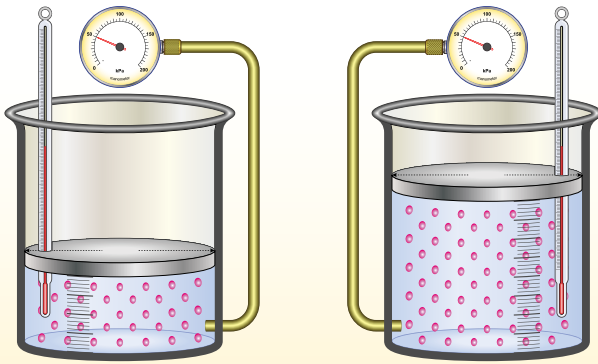
الشكل (9): تتساوى حجومات الغازات إذا تساوى عدد جزيئاتها عند الظروف نفسها.

قانون أفوجادرو Avogadro's Law

تتأثر الخصائص الفيزيائية لكمية محددة من الغاز المحصور بثلاثة عوامل: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة. ولكن، ماذا لو تغيرت كمية الغاز؟ درس العالم أفوجادرو العلاقة بين حجم الغاز وكميته، وتوصل إلى أن: «الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي على العدد نفسه من الجزيئات عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة»، وهو ما يُعرف بقانون أفوجادرو Avogadro's Law. كما في الشكل (9).

وقد توصل العالم أفوجادرو أيضًا إلى أن حجم مول واحد من أي غاز يساوي (22.4 L) في الظروف المعيارية، وهو ما يُعرف بالحجم المولي Molar Volume للغاز.

بناءً على ما سبق، فإن مضاعفة عدد مولات الغاز يؤدي إلى مضاعفة حجمه عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته؛ أي أن «حجم الغاز المحصور يتناسب طرديًا مع عدد مولاته عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته»، كما يتضح من الشكل (10).



الشكل (10): العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه.

66

المناقشة:

أوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأستخدم إستراتيجية (فكر، انتق زميلا، شارك) وأوجه الأسئلة الآتية:

- أكتب قوانين الغازات التي درستها. وأحدد العوامل التي تُثبت فيها.

- ما توقعك حول أثر تغيير كمية الغاز في بقية العوامل؟ ثم أطلب إلى كل طالب/ طالبة الإجابة في ورقة منفردًا، ثم مناقشة إجابته مع زميله/ زميلتها، ومن ثم مشاركتها مع بقية أفراد مجموعته.

أدير نقاشًا بين المجموعات، بحيث يجري الاطلاع على إجابات المجموعات كافة، وتصويب أي خطأ في الحل، ومعرفة توقعات بعضهم بعضًا حول أثر تغيير كمية الغاز في حجمه وضغطه.

استخدام الصور والأشكال:

أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) والمقارنة بين حجومات البالونات وعدد الجزيئات فيها، ثم أناقشهم للتوصل إلى قانون أفوجادرو، وهو أن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند الظروف ذاتها من الضغط ودرجة الحرارة.

- أسأل الطلبة: هل تتساوى البالونات في عدد مولات الغاز في كلٍّ منها؟ (نعم).

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم مُذكرًا أن 1 مول من أي مادة يحتوي عدد أفوجادرو من جسيماتها، وبالتالي فإن البالونات تحتوي عدداً متساوياً من المولات، ثم أبين لهم أن العالم أفوجادرو توصل عن طريق تجارب متعددة أجراها إلى أن حجم مول واحد (الحجم المولي) من أي غاز يساوي (22.4 L) عند ضغط (1atm)، ودرجة حرارة (0 °C)، وأن هذه الظروف تسمى الظروف المعيارية للغاز.

• أطرِح السؤال الآتي: كيف يعبر رياضياً عن العلاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أطلب إلى الطلبة اشتقاق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

• أطرِح السؤال الآتي: كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية القانون السابق؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة عدد مولات الغاز يزيد من عدد التصادمات بينها وبين جدار الإناء، وكذا لا يزداد الضغط ودرجة الحرارة؛ فلا بد من زيادة الحجم.

• أوجه الطلبة إلى حل سؤال «أفكر»، ثم أطلب إلى كل مجموعة مراجعة توقعاتها حول أثر تغير عدد مولات الغاز على العوامل الأخرى، ثم مشاركتها مع باقي الطلبة.

أفكر زيادة عدد مولات الغاز تزيد من ضغطه عند ثبات حجمه ودرجة حرارته.

• أكلف الطلبة بدراسة المثال (5) وأناقشه معهم، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

• ما الحجم الذي يشغله 0.2 mol من غاز الأكسجين في الظروف المعيارية.

الحل:

الحجم المولي لأي غاز في الظروف المعيارية = 22.4 L،

لحساب حجم 0.2 mol من غاز O₂ يمكن استخدام

العلاقة:

$$V_2 = n \times V$$

$$V_2 = 0.2 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 4.48 \text{ L}$$

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن قانون أفوجادرو ينطبق على المواد السائلة والصلبة أيضاً، أي للطلبة أنه ينطبق على الغازات فقط، حيث المسافات الفاصلة بين جسيمات الغاز كبيرة، وقوى التجاذب بينها شبه معدومة، أما المواد السائلة أو الصلبة فالحجوم المتساوية منها لا تحتوي على العدد نفسه من المولات.

يُعبر عن العلاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته رياضياً على النحو الآتي:

$$V \propto n$$

عند ثبات الضغط ودرجة الحرارة فإن:

$$V = k \times n$$

$$\frac{V}{n} = k$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

حيث V: حجم الغاز، n: عدد المولات، k: ثابت التناسب.

أفكر كيف يتغير ضغط الغاز عند زيادة عدد مولاته مع بقاء حجمه ودرجة حرارته ثابتين؟

تفسر نظرية الحركة الجزيئية العلاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته، إذ إن زيادة عدد مولات الغاز تزيد من عدد جسيماته، ومن ثم يزداد عدد تصادماتها مع جدار الإناء، ولكي يبقى ضغط الغاز ودرجة حرارته ثابتين فلا بد من زيادة حجمه.

المثال 5

إذا علمت أن بالوناً حجمه 2.2 L يحتوي على 0.1 mol من غاز الهيليوم، صُنحت داخله كمية إضافية من الغاز فأصبح حجمه 2.8 L، فأحسب عدد مولات الغاز بعد الإضافة، بفرض ثبات ضغطه ودرجة حرارته.

تحليل السؤال (المعطيات)

الضغط ودرجة الحرارة ثابتان.

$$V_1 = 2.2 \text{ L}, \quad n_1 = 0.1 \text{ mol}$$

$$V_2 = 2.8 \text{ L}$$

المطلوب: حساب n₂.

الحل:

أكتب القانون

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

أعيد ترتيب القانون لحساب n₂، ثم أعوض:

$$n_2 = \frac{n_1 \times V_2}{V_1}$$

$$n_2 = \frac{0.1 \text{ mol} \times 2.8 \text{ L}}{2.2 \text{ L}}$$

$$n_2 = 0.127 \text{ mol}$$

✓ **أتحقق:** ما الحجم الذي يشغله 3.5 mol من غاز الكلور Cl₂ في الظروف المعيارية؟

67

✓ **أتحقق:** حجم مول واحد من أي غاز في الظروف المعيارية يساوي 22.4 L، وبالتالي فإن حجم 3.5 مول يساوي:

$$V_2 = n \times V$$

$$V_2 = 3.5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 78.4 \text{ L}$$

قانون أفوجادرو

طريقة أخرى للتدريس

• أزود الطلبة ببطاقات مكتوب عليها بعض المفاهيم الواردة في الدرس مثل: الظروف المعيارية، الحجم المولي للغاز، عدد الجزيئات، حجم الغاز، تناسب طردي،... واطلب منهم عمل مخطط لما تضمنه الدرس من علاقات بينها مستخدماً كلمات الربط المناسبة.

المناقشة:

أوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني وأكواب إشارة المرور؛ بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم الحاجة للمساعدة، بينما يشير اللون الأصفر إلى وجود سؤال يريدون طرحه على المعلم دون أن يعيقهم ذلك عن الاستمرار في العمل، أما اللون الأحمر فيشير إلى الحاجة الشديدة للمساعدة، وأكلف الطلبة بكتابة قوانين الغازات التي جرت دراستها، واستخدامها في اشتقاق قانون الغاز المثالي $PV = nRT$ ، ثم توظيف ما درسوه عن الحجم المولي للغاز والظروف المعيارية في حساب ثابت الغاز العام.

أتابع عمل المجموعات وأقدم المساعدة حسب الطلب، ثم أكلف مجموعات الطلبة بعرض ما توصلوا إليه من نتائج وأناقشها معهم؛ للتوصل لاشتقاق قانون الغاز المثالي وفق ما هو موضح في الكتاب، ثم أناقش مع الطلبة كيفية حساب قيمة R بالتعويض في الحجم المولي والظروف المعيارية:

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 0.082 \text{ atm.L/mol.K}$$

موضحاً أن R يسمى ثابت الغاز العام.

أكلف الطلبة بإجابة سؤال أفكر لاستنتاج أن قيمة الثابت R تتغير بتغير وحدة الضغط.

أناقش الطلبة في المثال (6)، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

أحسب حجم 8 mol من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند 27°C و 1.04 atm

الحل:

$$V = \frac{nRT}{P}, T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$= \frac{8 \times 0.082 \times 300}{1.04} = 189.2 \text{ L}$$

قانون الغاز المثالي Ideal Gas Law

يمكن وصف عينة غاز باستخدام أربع كميات: الضغط، والحجم، ودرجة الحرارة، وعدد المولات. وقد ربط العلماء المتغيرات الأربعة السابقة بعلاقة رياضية تُعرف بقانون الغاز المثالي Ideal Gas Law على النحو الآتي:

$$V \propto n$$

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V \propto T$$

$$V \propto n \times \frac{T}{P}$$

$$V = R \times \frac{n \times T}{P}$$

$$PV = nRT$$

حيث P: ضغط الغاز، V: حجم الغاز، n: عدد المولات، R: ثابت الغاز العام، T: درجة الحرارة بالكلفن. تُسمى العلاقة $PV = nRT$ قانون الغاز المثالي. حيث R: ثابت الغاز العام، ويساوي (0.082 L.atm/mol.K)

أفكر: هل تتغير قيمة ثابت الغاز العام إذا تغيرت الوحدة المستخدمة في قياس الضغط؟ أفسر ذلك.

المثال 6

أحسب الضغط الناتج عن 0.45 mol من غاز ما في وعاء حجمه 1.5 L ودرجة حرارته 20°C .

تحليل السؤال (المعطيات)

$$V = 1.5 \text{ L}, n = 0.45 \text{ mol}, T = 20^\circ\text{C}$$

$$R = 0.082 \text{ L.atm/mol.K}$$

المطلوب: حساب P.

الحل:

$$T = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

أحسب درجة الحرارة المطلقة:

أكتب القانون

68

أفكر: وحدة قياس الضغط المستخدمة عند حساب $R = 0.082 \text{ L.atm / mol.K}$

هي atm وبها أن:

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ KPa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

فإن قيمة R ستتغير إذا استخدمت وحدة أخرى كالكيلوباسكال KPa أو المليمتر زئبق mmHg لقياس الضغط. ويمكن إيجاد قيم أخرى لـ R اعتماداً على أن حجم واحد مول من الغاز يساوي 22.4 L في الظروف المعيارية (0°C و 101.3 KPa) أو (0°C و 760 mmHg) وبالتعويض في قانون الغاز المثالي.

$$R = \frac{22.4 \text{ L} \times 101.3 \text{ KPa}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 8.31 \text{ L.KPa/mol.K}$$

$$R = \frac{22.4 \text{ L} \times 760 \text{ mmHg}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 62.36 \text{ L.mmHg/mol.K}$$

✓ **أتحقق:**

$$PV = nRT$$

$$0.15 \times 2 = n \times 0.082 \times 298$$

$$n = 0.012 \text{ mol}$$

◀ **المناقشة:**

● أ طرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ما العلاقة بين درجة حرارة الغاز وحجمه وكثافته؟

● أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم للتوصل إلى (زيادة درجة الحرارة يزداد حجم الغاز وتقل كثافته).

● أ بين للطلبة أنه يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لحساب كثافة الغاز أو كتلته المولية عند درجة حرارة وضغط محددين.

● ثم أسألهم عن قانون حساب الكثافة وقانون حساب عدد المولات، وأوجههم إلى استخدامها لاشتقاق قانون حساب الكثافة من قانون الغاز المثالي، وقانون حساب الكتلة المولية.

● أنجول بين الطلبة وأنابح إجاباتهم وأناقشهم لتصويب الخطأ منها، ثم أختار أحد الطلبة وأطلب إليه اشتقاق القانون على السبورة وكتابته بشكل واضح كما يأتي:

$$d = Mr \times \frac{P}{RT} \quad , \quad Mr = d \times \frac{RT}{P}$$

أعيد ترتيب القانون لحساب P، ثم أعوض:

$$P = \frac{n \times R \times T}{V}$$
$$P = \frac{0.45 \text{ mol} \times 0.082 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}} \times 293 \text{ K}}{1.5 \text{ L}}$$
$$P = 7.2 \text{ atm}$$

✓ **أتحقق:** نُعبأ كرات التيسر بغاز النيتروجين. أحسب عدد مولات

الغاز في كرة حجمها 0.15 L وضغط الغاز داخلها 2 atm عند درجة حرارة 25°C.

يتضح من دراسة قوانين الغازات أن حجم الغاز يزداد بزيادة درجة حرارته، فتقل كثافته.

من التطبيقات العملية على قانون الغاز المثالي حساب كثافة الغاز وتعيين الكتلة المولية لغاز مجهول عند درجة حرارة وضغط محددين. يمكن التوصل إلى العلاقات الرياضية لحساب الكثافة والكتلة المولية باتباع الخطوات الآتية:

اعتماداً على القوانين:

$$PV = nRT$$

قانون الغاز المثالي:

$$\text{Density (d)} = \frac{\text{mass(m)}}{\text{Volume(V)}} \quad \leftarrow \quad \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \text{الكثافة}$$

$$n = \frac{m}{Mr} \quad \leftarrow \quad \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \text{عدد المولات}$$

بالتعويض بقانون الغاز المثالي:

$$PV = \frac{m}{Mr} RT$$

لحساب الكتلة المولية أعيد ترتيب المعادلة

$$Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P}$$

$$Mr = d \times \frac{RT}{P} \quad \leftarrow \quad \frac{m}{V} \text{ عن } \frac{m}{V}$$

$$d = Mr \times \frac{P}{RT} \quad \leftarrow \quad \text{لحساب الكثافة أعيد ترتيب المعادلة}$$

◀ **تعزيز:**

عند استخدام قانون الغاز المثالي؛ يجب الانتباه إلى وحدات القياس المستخدمة، فالحجم يقاس بالليتر (L)، والضغط يقاس بالضغط الجوي (atm)، أما درجة الحرارة د بالكلفن (K) في قوانين الغازات كافة، وذلك عندما تكون قيمة: $R = 0.082 \text{ atm.L/mol.K}$

المناقشة:

- أكلف الطلبة بدراسة المثال (7) وأناقشه معهم، ثم أطرِح السؤال الآتي:
- ما العلاقة بين كثافة الغازات وكتلتها المولية؟
- أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم للتوصل إلى أنه كلما كانت الكتلة المولية للغاز أكبر كانت كثافته أكبر والعكس صحيح.
- أوجه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

المثال 7

أحسب كثافة غاز الفلور F_2 بوحدة (g/L) عند $25^\circ C$ وضغط مقداره 0.850 atm ، ثم أحسب كثافة غاز الكلور Cl_2 عند الظروف نفسها.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$P = 0.850 \text{ atm}, T = 25^\circ C$$

$$R = 0.082 \text{ L.atm/mol.K}$$

$$38 \text{ g/mol} = F_2 \text{ (} Mr \text{) لغاز}$$

$$71 \text{ g/mol} = Cl_2 \text{ (} Mr \text{) لغاز}$$

المطلوب:

• حساب كثافة غاز F_2

• حساب كثافة غاز Cl_2

الحل:

أحوّل درجات الحرارة من $^\circ C$ إلى K

$$T = 25^\circ C + 273 = 298 \text{ K}$$

أكتب القانون

$$Mr = d \times \frac{RT}{P}$$

أعيد ترتيب المعادلة لحساب الكثافة:

$$d = \frac{Mr \times P}{RT}$$

$$d = \frac{38 \text{ g/mol} \times 0.85 \text{ atm}}{0.082 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}}$$

$$d = 1.32 \text{ g/L}$$

إذن، كثافة غاز F_2

لحساب كثافة غاز Cl_2 عند درجة الحرارة والضغط السابقين،

أعوّض بالقانون

$$d = \frac{71 \text{ g/mol} \times 0.85 \text{ atm}}{0.082 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}}$$

$$d = 2.47 \text{ g/L}$$

إذن، كثافة غاز Cl_2

ألاحظ أنّ كثافة غاز Cl_2 أكبر من كثافة غاز F_2 ؛ لأنّ كتلته المولية أكبر؛ أي أنّ كثافة الغاز تتناسب طردياً مع كتلته المولية.

70

مثال إضافي

أحسب كثافة غاز البيوتان C_4H_{10} (أحد مكونات غاز الطبخ) في الظروف المعيارية.

الحل:

الظروف المعيارية: $1 \text{ atm}, 273 \text{ K}$

$$Mr (C_4H_{10}) = 58 \text{ g/mol}$$

$$d = Mr \times \frac{P}{RT}, d = 58 \times \frac{1}{0.082 \times 273}$$

$$d = 2.6 \text{ g/L}$$

إهداء للمعلم / للمعلمة

يمكن تطبيق قانون الغاز المثالي على الغازات الحقيقية في عدد من ظروف درجات الحرارة والضغط، حيث يكون سلوك الغازات الحقيقية قريباً من سلوك الغاز المثالي، أما على درجات الحرارة المنخفضة والضغط العالية فإن الغازات الحقيقية تنحرف عن سلوك الغاز المثالي؛ إذ يظهر أثر حجم جسيمات الغاز الحقيقي وقوى التجاذب بينها على حجم الغاز وضغطه، فيكون الحجم الذي يشغله الغاز أكبر من حجمه لو كان مثالياً وضغطه أقل، وتستخدم معادلات خاصة لتعديل قيمة كل منهما عند استخدام القانون.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: المشاركة

تعد المشاركة عنصراً أساسياً في التفاعل الاجتماعي؛ أشجع الطلبة على المشاركة والعمل بروح الفريق، بحيث يبذل كل فرد أقصى جهده لإتمام العمل بأعلى كفاءة ممكنة من أجل تنفيذ المهمة المناطة بهم، وأشجعهم على ممارسة أدوار مختلفة فهذا يكسبهم مهارات متنوعة كالقيادة وإدارة الوقت والتواصل.



الرابط بالحياة

بالونات الهواء الساخن يسخن الهواء داخل البالون فيتمدد ويزداد حجمه، ومن ثم تقل كثافته، وعندما تصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به يرتفع البالون إلى أعلى.

المثال 8

أحسب الكتلة المولية لعينة من غاز كثافته ($d = 2.26 \text{ g/L}$) عند درجة حرارة 25°C وضغط مقداره 0.862 atm

تحليل السؤال (المعطيات)

$$P = 0.862 \text{ atm}$$

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$d = 2.26 \text{ g/L}$$

المطلوب: حساب الكتلة المولية للغاز Mr .

الحل:

أحول درجات الحرارة من $^\circ\text{C}$ إلى K

$$T = 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

أكتب القانون

$$Mr = d \times \frac{RT}{P}$$

$$Mr = 2.26 \text{ g/mol} \times \frac{0.082 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}} \times 298 \text{ K}}{0.862 \text{ atm}}$$

$$Mr = 64.1 \text{ g/mol}$$

تحقق: ✓

1- أحسب الكتلة المولية لسائل تبخرت عينة منه كتلتها 1.28 g تمامًا داخل وعاء مغلق سعته 250 mL عند درجة حرارة 121°C وضغط 786 mmHg .

2- أحسب كثافة غاز الهيليوم He بوحدة (g/L) عند درجة حرارة 21°C وضغط مقداره 750 mmHg .

71

المناقشة:

- أكلف الطلبة بدراسة المثال (8) وأناقشهم فيه ثم أوجههم لحل المثال الآتي:

مثال إضافي

عينة من غاز مجهول ضغطه 1 atm في وعاء حجمه 250 mL عند درجة حرارة 25°C ، وجد أن كتلة العينة 0.164 g ؛ أحسب الكتلة المولية للغاز.

الحل:

$$T = 25 + 273 = 298 \text{ K}, \quad V = 0.25 \text{ L}$$

$$Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P}$$

$$Mr = \frac{0.164}{0.25} \times \frac{0.082 \times 298}{1}$$

$$Mr = 16.0 \text{ g/mol}$$

تحقق: ✓

$$m = 1.28 \text{ g}, \quad V = 0.25 \text{ L}$$

$$T = 121^\circ\text{C} + 273 = 394 \text{ K}$$

$$P = 786 \text{ mmHg} = \frac{786}{760} = 1.03 \text{ atm}$$

$$Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P}, \quad Mr = \frac{1.28}{0.25} \times \frac{0.082 \times 394}{1.03}$$

$$Mr = 159.97 \text{ g/mol}$$

-2

$$P = 750 \text{ mmHg} = 0.99 \text{ atm}, \quad T = 21^\circ\text{C} + 273 = 294$$

$$d_{\text{He}} = Mr \times \frac{P}{RT}$$

$$d_{\text{He}} = 4.0 \times \frac{0.99}{0.082 \times 294} = 0.164 \text{ g/L}$$

معلومة إضافية

يعد تحديد الكتل المولية للغازات أحد أكثر تطبيقات قانون الغاز المثالي فائدة؛ إذ تحسب الكتلة المولية لها بمعرفة حجم عينة الغاز وكتلتها وضغطها ودرجة حرارتها، وبمعرفة العناصر المكونة لها ونسبها يمكن التعرف على نوع الغاز.

الرابط بالحياة

أسأل الطلبة: ما المبدأ الأساسي الذي يقوم عليه إطلاق بالونات الهواء الساخن؟ أوجه الطلبة إلى قراءة الفقرة للتوصل إلى ذلك، وأخبرهم أنه غازات عدة تستخدم، مثل الهواء الساخن، وغاز الهيليوم، وغيرها.

ورقة العمل (2)

استخدام إستراتيجية التعلم التعاوني وأوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأزودهم بورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل فرادى وأمنحهم 6 min ، ثم مناقشة الحلول داخل المجموعة، وأكلف كل مجموعة بعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

◀ المناقشة:

- أوزع الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية (فكر، انتق زميل، شارك)، وأطلب إلى كل طالب/ طالبة الإجابة في ورقة خاصة، ثم مناقشة الإجابة مع زميله/ زميلته، ومن ثم مشاركتها مع بقية أفراد مجموعته. وأكلفهم بتنفيذ المهام الثلاث الآتية:

• إجابة السؤال الآتي:

- كيف تفسر انتشار رائحة الطعام في المنزل اعتمادًا على نظرية الحركة الجزيئية؟

إن جسيمات الغاز متباعدة جدا، وفي حركة مستمرة وسريعة وعشوائية؛ فتنشر أبخرة الطعام بين جزيئات الهواء وتختلط معه فتنشر رائحته.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- دراسة الشكل (11) والمقارنة بين ضغط كل غاز منفردًا والضغط بعد اختلاط الغازين.

يلاحظ أن عدد جسيمات A أكبر من B، وبالتالي تصادماتها مع جدار الإناء أكبر من B، أي ضغط الغاز A أكبر من ضغط الغاز B، وعند جمع الغازين في وعاء واحد له الحجم نفسه وعند درجة الحرارة ذاتها يلاحظ أن الضغط الجديد لهما يساوي مجموع ضغط كل منهما كأنه منفردًا في الوعاء، علما أنها لا يتفاعلان مع بعضهما بعضا.

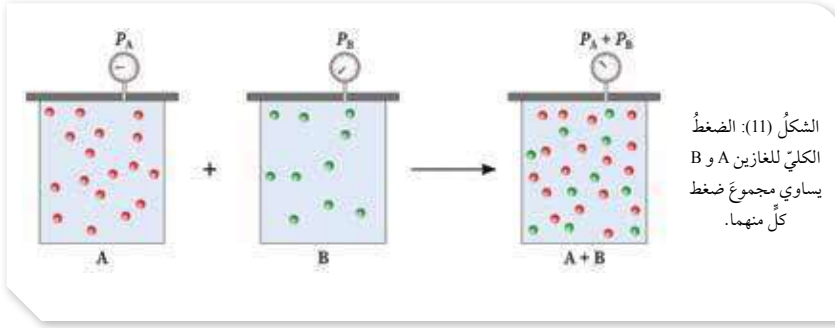
◀ بناء المفهوم:

- توضيح مفهوم الضغط الجزيئي للغاز، الضغط الكلي للغاز، والتوصل إلى قانون دالتون للضغوط الجزيئية.

درس العالم دالتون الضغط الناتج عن خليط مكون من عدة غازات وتوصل إلى أن: الضغط الكلي لخليط مكون من غازات عدة غير متفاعلة يساوي مجموع الضغوط الجزيئية لمكونات الخليط جميعها.

$$P_T = P_A + P_B + \dots$$

الضغط الجزيئي للغاز هو الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات، وينتج عن تصادم جسيماته مع جدار الإناء.



الشكل (11): الضغط الكلي للغازين A و B يساوي مجموع ضغط كل منهما.

قانون دالتون للضغوط الجزيئية

Dalton's Law of Partial Pressures

تختلط الغازات بسهولة، وما الرائحة التي نشمها للطعام عند نضجه إلا دليلاً على اختلاط أبخرته بالهواء داخل المنزل. ويُفسر اختلاط الغازات وفق نظرية الحركة الجزيئية بأن جسيمات الغاز متباعدة جداً وفي حركة مستمرة وسريعة وعشوائية؛ ما يجعلها تتحرك وتنتشر في الفراغات بين جسيمات بعضها بعضاً مكونة خليطاً من الغازات.

درس العالم دالتون الضغط الناتج عن خليط مكون من عدة غازات لا تتفاعل مع بعضها داخل إناء واحد، ويوضح الشكل (11) أن الغازين A و B في وعائين منفصلين لهما الحجم نفسه عند درجة الحرارة نفسها، ولكل غاز ضغط خاص به ناجم عن حركة جسيماته المستمرة والعشوائية وتصادمها مع جدار الإناء الموجودة فيه، وعدد جسيمات الغاز A أكبر منها للغاز B، ومن ثم فإن ضغطه أكبر، وعند جمع الغازين في وعاء واحد له الحجم نفسه وعند درجة الحرارة نفسها تستمر حركة جسيمات كل غاز ويستمر تصادمها مع جدار الإناء كما لو كانت وحدها فيه. وعليه، فإن لكل غاز ضغطاً مساوياً لضغطه وهو منفرد، أما الضغط الجديد داخل الإناء فناجم عن الغازين معاً ويساوي مجموع ضغطيهما.

يُسمى الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة الضغط الجزيئي للغاز.

72

نشاط سريع

- أقسم الطلبة في مجموعات، وأعين مقرراً لكل مجموعة وأستعين بهم في تنفيذ النشاط؛ باستخدام فواكه عدة ذات رائحة مميزة. أطلب من مقرر المجموعة اختيار نوع واحد منها وتقطيعه في وعاء (خارج الصف) وإحضاره، في الوقت نفسه أطلب من الطلبة إغماض أعينهم وأن عليهم التعرف إلى نوع الفاكهة قبل تناولها. وأطلب من الطلبة تفسير كيفية تعرفهم على نوع الفاكهة اعتماداً على خصائص الغازات ونظرية الحركة الجزيئية.

- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أدير نقاشاً بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (9)، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

اسطوانة غاز تحتوي مزيج من غاز الأرجون Ar، والنتروجين N₂، وثاني أكسيد الكبريت SO₂، بضغط كلي 1atm، إذا كان الضغط الجزئي للأرجون 49 atm، والضغط الجزئي للنتروجين 0.15 atm؛ أحسب الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكبريت. ويستخدم هذا المزيج لحفظ الأغذية المعبأة، حيث يجري حقنه في العبوة خلال عملية التعبئة.

الحل

الضغط الكلي P_T = 1atm، الضغط الجزئي لغازي:

$$P_{N_2} = 0.15 \text{ atm}, P_{SO_2} = 0.49 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{Ar} + P_{N_2} + P_{SO_2}$$

$$P_{SO_2} = 1 - (0.49 + 0.15)$$

$$P_{SO_2} = 0.36 \text{ atm}$$

توصل العالم دالتون إلى العلاقة بين الضغط الكلي لخليط من الغازات التي لا تتفاعل مع بعضها والضغط الجزئي للغازات المكونة للخليط، أطلق عليها قانون دالتون للضغط الجزئي Dalton's Law Of Partial Pressures وينص على أن: «الضغط الكلي لخليط من الغازات التي لا تتفاعل مع بعضها يساوي مجموع الضغوط الجزئية لجميع مكونات الخليط».

يُعبر عن قانون دالتون رياضياً على النحو الآتي:

$$P_T = P_A + P_B + P_C + \dots$$

حيث P_T: الضغط الكلي لخليط الغازات، P_A: الضغط الجزئي للغاز A، P_B: الضغط الجزئي للغاز B، P_C: الضغط الجزئي للغاز C.

المثال 9

أحسب الضغط الكلي لخليط من الغازات مكون من غاز النيتروجين الذي ضغطه الجزئي 0.247 atm، وغاز الأكسجين الذي ضغطه الجزئي 0.346 atm، وغاز ثاني أكسيد الكربون الذي ضغطه الجزئي 0.444 atm

تحليل السؤال (المعطيات)

$$0.247 \text{ atm} = (P_{N_2}) N_2 \text{ غاز}$$

$$0.346 \text{ atm} = (P_{O_2}) O_2 \text{ غاز}$$

$$0.444 \text{ atm} = (P_{CO_2}) CO_2 \text{ غاز}$$

المطلوب: حساب الضغط الكلي للخليط P_T.

الحل:

أكتب قانون دالتون

$$P_T = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2}$$

$$P_T = 0.247 \text{ atm} + 0.346 \text{ atm} + 0.444 \text{ atm}$$

$$P_T = 1.037 \text{ atm}$$

أعوّض:

توظيف التكنولوجيا

- أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (تطبيقات عملية يقوم مبدأ عملها على قوانين الغازات).
- أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (10)، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

مزج 200 mL من غاز النيتروجين N_2 عند $25^\circ C$ وضغط 0.345 atm مع 350 mL من غاز الأكسجين O_2 ، عند $25^\circ C$ وضغط 0.444 atm في وعاء حجمه 300 mL، وعند $25^\circ C$ ، أحسب الضغط الكلي للمزيج.

الحل:

يلاحظ ثبات درجة الحرارة، لذلك يستخدم قانون بويل لحساب الضغط الجزئي لكل من O_2 و N_2 :

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

$$P_{N_2} = \frac{0.345 \times 200}{300} = 0.23 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = \frac{0.444 \times 350}{300} = 0.52 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{N_2} + P_{O_2}$$

$$P_T = 0.23 + 0.52 = 0.75 \text{ atm}$$

المثال 10

أحسب الضغط الكلي لخليط من الغازات مكون من 0.02 mol من غاز الهيليوم He، و 0.01 mol من غاز الهيدروجين H_2 ، في وعاء حجمه 5 L ودرجة حرارته $10^\circ C$.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$(n_{He} = 0.02 \text{ mol}) \text{ He عدد مولات}$$

$$(n_{H_2} = 0.01 \text{ mol}) \text{ H}_2 \text{ عدد مولات}$$

$$(V = 5 \text{ L}) \text{ الحجم}$$

$$(10^\circ C) \text{ درجة الحرارة}$$

المطلوب: حساب الضغط الكلي للخليط P_T .

الحل:

أحوّل درجات الحرارة من $^\circ C$ إلى K

$$T = 10^\circ C + 273 = 283 \text{ K}$$

ألاحظ أنّ الضغوط الجزئية للغازين غير معطاة؛ لذلك سأحسبها اعتماداً على المعطيات. أحسب ضغط الغاز باستخدام قانون الغاز المثالي

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P_{He} = \frac{0.02 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ atm.L/mol.K} \times 283 \text{ K}}{5 \text{ L}}$$

$$P_{He} = 0.0929 \text{ atm} \quad \text{الضغط الجزئي لغاز He}$$

$$P_{H_2} = \frac{0.01 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ atm.L/mol.K} \times 283 \text{ K}}{5 \text{ L}}$$

$$P_{H_2} = 0.0465 \text{ atm} \quad \text{الضغط الجزئي لغاز H}_2$$

$$P_T = P_{H_2} + P_{He}$$

$$P_T = 0.0929 \text{ atm} + 0.0465 \text{ atm}$$

$$P_T = 0.1394 \text{ atm}$$

✓ **أتحقّق:** إذا علمت أنّ 2 L من غاز النيتروجين N_2 ضغطه 0.395 atm و 2 L من غاز الهيدروجين H_2 ضغطه 0.11 atm خلطت في وعاء واحد حجمه 1 L، فأحسب الضغط الكلي للخليط.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التحليل

أوجه الطلبة أثناء حل الأسئلة إلى وجوب توظيف مهارات التحليل لمعطيات السؤال وتفحص المعلومات، والربط بينها، ثم تحديد القوانين المرتبطة بها؛ للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

✓ **أتحقّق:** بما أن حجم كل من الغازين قل إلى النصف؛ فإن ضغط كل منهما سيزداد إلى الضعف.

$$P_{N_2} = 2 \times 0.395 = 0.79 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = 2 \times 0.11 = 0.22 \text{ atm}$$

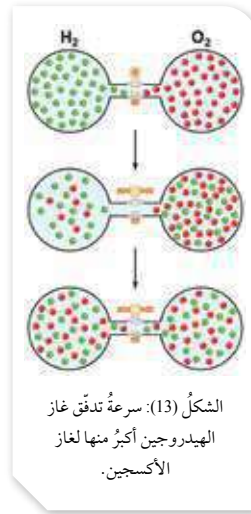
$$P_T = 0.79 + 0.22 = 1.01 \text{ atm}$$

تنتشر رائحة العطور في أرجاء المنزل عند رشها، فما تفسير ذلك؟ تتميز الغازات بالعديد من الخصائص الفيزيائية، منها الانتشار والتدفق، ويُعرَّف الانتشار Diffusion بأنه عملية الاختلاط التدريجي للغازات مع بعضها نتيجة انتقالها من المنطقة الأعلى تركيزاً إلى المنطقة الأقل تركيزاً، وينسجم ذلك مع نظرية الحركة الجزيئية؛ إذ تحدث عملية الانتشار لأن جزيئات الغاز متباعدة وفي حركة مستمرة وسريعة وعشوائية؛ ما يسمح لها بالاختلاط بغيرها من الغازات. ويوضح الشكل (12) عملية انتشار بخار البروم واختلاطه مع الهواء داخل الدورق. ويُعرَّف التدفق Effusion بأنه تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه، كتنسربه من محبسه في المدفأة، وتسرب الهواء من عجل السيارة نتيجة اختراقه بوساطة مسمار مثلاً.



الشكل (12): انتشار بخار البروم ليملأ الدورق.

درس العالم جراهام انتشار الغازات وتدفقها، ولاحظ أن الغازات ذات الكتلة المولية الأقل أسرع تدفقاً من الغازات ذات الكتلة المولية الأكبر. وتوصل إلى أن «معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلته المولية عند درجة حرارة وضغط ثابتين»، وهو ما يُعرَّف بقانون جراهام Graham's Law.



الشكل (13): سرعة تدفق غاز الهيدروجين أكبر منها لغاز الأكسجين.

ويوضح الشكل (13)، تدفق غازي الهيدروجين والأكسجين عند فتح الصمام بين الغازين، إذ إن تدفق جزيئات غاز الهيدروجين أسرع من جزيئات غاز الأكسجين؛ حيث ينتقل عدد أكبر من جزيئات غاز الهيدروجين عبر الصمام مقارنة بعدد جزيئات غاز الأكسجين، التي تنتقل بالاتجاه الآخر، ومع الوقت يختلط الغازان تماماً. يُعبّر عن قانون جراهام رياضياً على النحو الآتي:

بناء المفهوم:

الانتشار والتدفق

أطرح السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بكل من الانتشار، والتدفق؟

أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم للتوصل إلى أن الانتشار هو انتقال جسيمات الغاز من المنطقة الأعلى تركيزاً إلى الأقل تركيزاً، واختلاطه تدريجياً مع الغازات الأخرى، أما التدفق فهو تسرب الغاز من فتحة صغيرة في جدار الوعاء الموجود فيه.

استخدام الصور والأشكال:

أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (12) وأناقشه معهم مبيناً لهم أن البروم Br_2 سائل تترابط جسيماته بقوى لندن الضعيفة، وعند وضع كمية منه في الدورق؛ فإن بعض جسيماته تتبخر وتنتشر في الدورق مؤدية إلى تلونه بلون برتقالي.

أطرح السؤال الآتي:

– ما العلاقة بين الكتلة المولية للغاز وسرعة انتشاره أو تدفقه؟

أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (13) وأناقشه معهم؛ للتوصل إلى أن الغازات ذات الكتلة المولية الأقل (H_2) تتدفق (وتنتشر) أسرع من الغازات ذات الكتلة المولية الأكبر (O_2). وأن العالم جراهام توصل إلى قانون رياضي يربط بين الكتلة المولية ومعدل سرعة التدفق ينص أن «معدل سرعة تدفق الغاز تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلته المولية»، ثم أكتب القانون على اللوح وأنبه حول كيفية ظهور التناسب العكسي فيه.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن الفرق بين انتشار وتدفق الغازات والعوامل المؤثرة به). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (11)، ثم أوجههم إلى حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

أحسب نسبة سرعة تدفق غاز الميثان CH_4 إلى غاز الأكسجين O_2 عند الظروف نفسها.

الحل

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{\frac{Mr O_2}{Mr CH_4}}$$

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{\frac{32}{16}}$$

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{2}$$

$$\text{Rate } CH_4 = 1.4 \text{ Rate } O_2$$

مثال إضافي

يتدفق غاز النيتروجين بمعدل يساوي 1.7 ضعف معدل تدفق غاز مجهول X، أحسب الكتلة المولية للغاز المجهول.

الحل

$$\frac{\text{Rate } N_2}{\text{Rate } X} = \sqrt{\frac{Mr X}{Mr N_2}}$$

$$1.7 = \sqrt{\frac{Mr X}{28}} \quad (\text{بتربيع الطرفين})$$

$$1.7 \times 1.7 = \frac{Mr X}{28}$$

$$Mr X = 81 \text{ g/mol}$$

✓ أتحدث:

$$Mr CO_2 = 44 \text{ g/mol}, \quad Mr H_2 = 2 \text{ g/mol}$$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{\frac{Mr CO_2}{Mr H_2}}$$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{\frac{44}{2}}$$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{22} = 4.7$$

$$\text{Rate } H_2 = 4.7 \text{ Rate } CO_2$$

$$\frac{\sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية للغاز B}}{\text{الكتلة المولية للغاز A}}}}{\text{معدل سرعة تدفق B}} = \frac{\text{معدل سرعة تدفق A}}{\sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية للغاز B}}{\text{الكتلة المولية للغاز A}}}}$$

$$\frac{\text{Rate}_A}{\text{Rate}_B} = \sqrt{\frac{Mr_B}{Mr_A}}$$

المثال 11

أحسب النسبة بين سرعة تدفق غاز الهيليوم (He) إلى غاز النيتروجين N_2 عند الظروف نفسها.

تحليل السؤال (المعطيات)

$$Mr_{He} = 4 \text{ g/mol} \quad \text{He} \quad \text{الكتلة المولية لـ}$$

$$Mr_{N_2} = 28 \text{ g/mol} \quad N_2 \quad \text{الكتلة المولية لـ}$$

المطلوب: حساب النسبة بين سرعة تدفق الغازين.

الحل:

أكتب القانون

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{\frac{Mr N_2}{Mr He}}$$

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{\frac{28}{4}}$$

أعوّض

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{7} = 2.7$$

$$\text{Rate He} = 2.7 \text{ Rate } N_2$$

✓ أتحدث: ما نسبة سرعة تدفق غاز الهيدروجين H_2 إلى سرعة تدفق غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند الظروف نفسها؟

الربط بالحياة

الثيولات

تضاف كميات قليلة من مركبات الثيول R-SH (مركبات عضوية كبريتية) ذات رائحة نفاذة إلى غاز الطبخ المكوّن من غازي البروبان والبيوتان عديمي الرائحة؛ وذلك للكشف عن أيّ تسربٍ مُحتملٍ للغاز.

76

الثيولات

الربط بالحياة

- أوجه الطلبة إلى قراءة الفقرة للتعرف إلى أهمية إضافة مركبات الثيولات إلى غاز الطبخ، وحثهم على تعلم الطريقة الصحيحة لتفقد محابس الغاز، ومعرفة الإجراءات الصحيحة اللازم اتخاذها في حالة حدوث تسرب الغاز.

التجربة 2

قابلية الغازات للانتشار

الهدف: أستقصي قابلية الغازات للانتشار.

زمن التنفيذ: 15 min

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذر الطلبة من شم أي من المواد الكيميائية أو تذوقها، مثل حمض الهيدروكلوريك، أو الأمونيا، وعدم لمسها باليد.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة (3) أوجه الطلبة إلى إغلاق طرفي الأنبوب جيدا.
- أتجول بين الطلبة موجّها ومُرشدًا ومُساعداً. وأدير نقاشًا معهم لوصف موقع تكون الحلقة البيضاء وسبب تكونها.

النتائج المتوقعة: تتكون الحلقة البيضاء، بحيث تكون أقرب إلى القطن المبللة بمحلول HCl، قد تتكون حلقة غير واضحة.

التحليل والاستنتاج:

1. $NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$
2. غاز الأمونيا أسرع انتشارا، حيث تكونت حلقة NH_4Cl أقرب إلى القطن المبللة بمحلول HCl.

التجربة 2

قابلية الغازات للانتشار

المواد والأدوات:

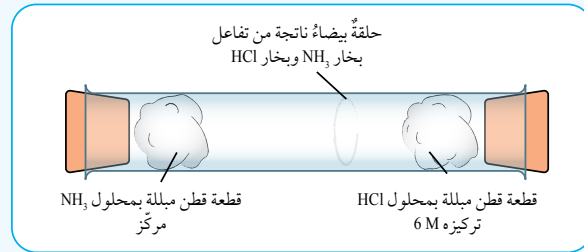
أنبوب زجاجي مفتوح الطرفين، حامل وماسك، قطعتان صغيرتان من القطن، محلول حمض HCl تركيزه (6 M)، محلول الأمونيا NH_3 مركز، سدادتان من الفلين، ملقط.

إرشادات السلامة:

- أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرندي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات والكمامة.
- أحذر من تذوق محلول حمض الهيدروكلوريك أو محلول الأمونيا أو لمسهما بيدي.

خطوات العمل:

- 1- أُنْبِتْ الأنبوب الزجاجي أفقياً على الحامل مستعملاً الماسك.
- 2- أُنْبَلْ إحدى قطعتي القطن بمحلول حمض HCl، والأخرى بمحلول NH_3 .
- 3- أضع إحدى قطعتي القطن المبللتين في الطرف الأيمن للأنبوب والأخرى في الطرف الأيسر، وأغلق كل طرف بالسدادة، كما في الشكل.



- 4- ألاحظ ما يحدث داخل الأنبوب. هل تكونت حلقة بيضاء داخله؟
- 5- أصف موقع تكوّن الحلقة داخل الأنبوب بالنسبة إلى كل من قطعتي القطن.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أفسر ما حدث باستخدام معادلة كيميائية تُعبّر عن التفاعل الحادث.
- 2- استنتج أي الغازين أسرع انتشاراً.

77

تقويم تجربة قابلية الغازات للانتشار.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تركيب الجهاز المستخدم بشكل صحيح		
2	تسجيل الملاحظات حول التغيرات في الأنبوب الزجاجي بدقة .		
3	التوصّل إلى استنتاجات صحيحة عن طريق التجربة.		

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير (الأدلة والبراهين):

أخبر الطلبة أنّ التفكير من العمليات العقلية المهمة الذي يساعد الإنسان في تقديم الأدلة والبراهين لإثبات ظاهرة ما أو رفضها؛ مثال ذلك؛ المقارنة بين الغازات من حيث سرعة انتشارها.

مراجعة الدرس

- 1 - الفكرة الرئيسة: أفسر: تشابه الغازات في خصائصها الفيزيائية.
- 2 - أوضح المقصود بكل من:
 - الغاز المثالي.
 - الضغط الجزئي للغاز.
 - التدفق.
- 3 - أهدد الغاز الأسرع انتشاراً: النيتروجين N_2 أم الأرجون Ar.
- 4 - أصف: عينة من غاز الهيدروجين H_2 في الظروف المعيارية، نُقلت إلى وعاء أصغر حجماً عند درجة الحرارة نفسها، أصف التغير الذي يحدث لكل من:
 - متوسط الطاقة الحركية لجزيئات H_2 .
 - عدد التصادمات الكلية لجزيئات غاز H_2 خلال وحدة الزمن.
 - ضغط غاز H_2 .
- 5 - أفسر: استخدم أحد الطلبة البيانات الآتية $T_2 = -15^\circ C$ ، $T_1 = 75^\circ C$ ، $V_1 = 752 \text{ mL}$ لأحد الغازات، وكانت إجابه $V_2 = -150.4 \text{ mL}$. ما الخطأ الذي ارتكبه الطالب خلال حسابه قيمة V_2 ؟
- 6 - أحسب: إذا علمت أن بالوناً مملوئاً بغاز الهيليوم حجمه 300 mL عند ضغط 1 atm ، ارتفع إلى أعلى بحيث أصبح الضغط 0.63 atm ، فأحسب حجمه الجديد بفرض بقاء درجة الحرارة ثابتة.
- 7 - أحسب: عينة من غاز حجمها 3.5 L عند درجة حرارة $20^\circ C$ وضغط 0.86 atm . أحسب درجة حرارتها إذا سويح لها بالتمدد حتى أصبح حجمها 8 L عند ضغط 0.56 atm .
- 8 - أحسب: أنتج تفاعل ما 5.67 g من غاز CO_2 . أحسب حجم الغاز عند درجة حرارة $23^\circ C$ وضغط يساوي 0.985 atm .
- 9 - أحسب كثافة غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S بوحدة g/L عند درجة حرارة $56^\circ C$ وضغط يساوي 967 mmHg .
- 10 - أحسب الضغط الكلي لخليط مكون من 6 g من غاز الأوكسجين O_2 و 9 g من غاز الميثان CH_4 في وعاء حجمه 15 L وعند درجة حرارة $0^\circ C$.
- 11 - أحسب الكتلة المولية لغاز مجهول ثنائي الذرة يتدفق بمعدل 0.6713 من معدل سرعة تدفق O_2 عند درجة الحرارة نفسها.
- 12 - أحسب: بالون حجمه 2400 L مملوئاً بغاز الهيليوم He عند ضغط يساوي 1 atm ودرجة حرارة $27^\circ C$ ، ارتفع إلى أعلى حيث درجة الحرارة $23^\circ C$ ، ولكي يبقى حجمه ثابتاً جرى التخلص من 80 g من الهيليوم. أحسب ضغط الغاز في البالون بعد ارتفاعه إلى أعلى.

78

مراجعة الدرس

- 1 لأن جسيمات الغاز متباعدة جدا وقوى التجاذب بينها شبه معدومة.
- 2 الغاز المثالي: غاز افتراضي حجم جسيماته = صفراً، وقوى التجاذب بينها معدومة، لذلك لا يمكن إسالته مهما زاد الضغط المؤثر عليه أو انخفضت درجة حرارته. الضغط الجزئي للغاز: الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة.
- 3 التدفق: تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه.
- 4 N_2 لأن كتلته المولية أقل.
- 5 متوسط الطاقة الحركية لا تتغير.
- 6 يزداد عدد التصادمات الكلية لجزيئات غاز H_2 خلال وحدة الزمن.
- 7 يزداد ضغط غاز H_2 .
- 8 قيمة V_2 التي حسبها الطالب = (-150.4 mL) ، وهي قيمة غير مقبولة لتعبّر عن حجم الغاز، والخطأ الذي ارتكبه هو عدم تحويل قيم درجات الحرارة من $^\circ C$ إلى درجة الحرارة المطلقة.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad 6$$

$$1 \text{ atm} \times 300 \text{ mL} = 0.63 \text{ atm} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{300}{0.63} = 476.2 \text{ mL}$$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \quad 7$$

$$\frac{3.5 \times 0.86}{293} = \frac{0.56 \times 8.0}{T_2}$$

$$T_2 = 436.1 \text{ K} = 163.1^\circ C$$

$$PV = n RT \quad 8$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{5.67}{44} = 0.13 \text{ mol}$$

$$T = 23^\circ C + 273 = 296 \text{ K}$$

$$V = \frac{0.13 \times 0.082 \times 296}{0.985} = 3.2 \text{ L}$$

$$d = Mr \times \frac{P}{RT}, \quad Mr \text{ H}_2\text{S} = 34 \text{ g/mol} \quad 9$$

$$P = \frac{967}{760} = 1.27 \text{ atm}, \quad T = 56^\circ C + 273 = 329 \text{ K}$$

$$d = 34 \times \frac{1.27}{0.082 \times 329}$$

$$d = 1.6 \text{ g/L}$$

$$0.4506 = \frac{32}{Mr_{X_2}}$$

$$Mr_{X_2} = \frac{32}{0.4506} = 71 \text{ g/mol}$$

$$PV = n RT$$

$$T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad T_2 = 273 + (-23) = 250 \text{ K}$$

$$n_1 = \frac{1 \times 2400}{0.082 \times 300} = 97.56 \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{m}{Mr} = \frac{80}{4} = 20 \text{ mol}$$

$$n = 97.56 - 20 = 77.56 \text{ mol} \quad \text{المتبقية}$$

$$P_2 = \frac{n RT}{V} = \frac{77.56 \times 0.082 \times 250}{2400}$$

$$= 0.66 \text{ atm.}$$

$$n_{O_2} = \frac{6.0}{32} = 0.19 \text{ mol}$$

$$n_{CH_4} = \frac{9}{16} = 0.56 \text{ mol}$$

$$PV = n RT$$

$$P_{O_2} \times 15 = 0.19 \times 0.082 \times 273$$

$$P_{O_2} = 0.28 \text{ atm}$$

$$P_{CH_4} \times 15 = 0.56 \times 0.082 \times 273$$

$$P_{CH_4} = 0.84 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{O_2} + P_{CH_4}, \quad P_T = 0.28 + 0.84 = 1.12 \text{ atm}$$

$$\frac{\text{Rate } X_2}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{\frac{Mr_{O_2}}{Mr_{X_2}}}$$

$$0.6713 = \sqrt{\frac{32}{Mr_{X_2}}}$$

$$(0.6713)^2 = \frac{32}{Mr_{X_2}}$$

الفكرة الرئيسية:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسية، ثم أمهد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للسوائل مثل ثبات الحجم وعدم ثبات الشكل، ثم أسألهم عن أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات، وأستمع لإجاباتهم، ثم أبين لهم أن خصائص السوائل مرتبطة بقوى التجاذب بينها.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أكتب على اللوح كلمة (سائل)، ثم أنظّم جلسة عصف ذهني، بحيث يذكر الطلبة كل الكلمات والأفكار المرتبطة بها، وأكلف أحد الطلبة بكتابتها على السبورة.

من الكلمات التي قد يذكرها الطلبة: شكله غير ثابت، حجمه

ثابت، جسيماته متقاربة، ينتشر، يجري، يغلي، وغيرها.

- أطلب إلى الطلبة استخلاص الخصائص الفيزيائية للمواد السائلة من مجموعة الكلمات التي ذكروها.

المناقشة:

- أوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأطبّق إستراتيجية التعلّم التعاوني.

- أطلب إلى كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية كتابياً؛ على أن يشارك أفرادها جميعهم في الإجابة.

- كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية خصائص السوائل؟
اعتماد على الحركة المستمرة والعشوائية لجزيئاتها، وكذلك قوى التجاذب بينها.

- أيّ خصائص السائل يمكن تفسيرها اعتماداً على حركة جزيئات السائل المستمرة والعشوائية؟ قدرة السائل على الجريان وشكله غير الثابت، وكذلك انتشار جزيئات السائل في سائل آخر.

- ماذا تسمى المواد التي لها القدرة على الجريان أو الانسياب؟
الموائع وتشمل المواد السائلة والغازية.

- ما أثر وجود قوى تجاذب بين جزيئات السائل على خصائصه الفيزيائية؟ تحافظ على جزيئات السائل متقاربة، وتقلل من طاقتها الحركية، وبالتالي يبقى حجمه ثابتاً،

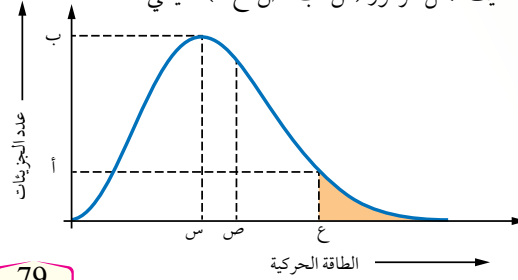
بعض الخصائص الفيزيائية للسوائل

Some Physical Properties of Liquids

يوصفُ السائل بأنه مادة ذات حجم ثابت وتأخذُ شكلَ الإناء الذي توضعُ فيه، ويمكنُ فهمُ خصائص السوائل اعتماداً على حركة جزيئاتها وقوى التجاذب بينها، فْجزيئاتها في حركة مستمرة وعشوائية كالغازات، وهذا سببُ تسمية السوائل والغازات بالموائع؛ فالمائع Fluid هو المادةُ التي لها القدرةُ على الجريان أو الانسياب، وتأخذُ شكلَ الإناء الموجودة فيه. وترابطُ جزيئات السائل بقوى تجاذب ضعيفة نسبياً، إمّا روابطُ هيدروجينية أو قوى تجاذب ثنائية القطب أو قوى لندن، تجعلها أكثرَ تقارباً من جسيمات الغاز وطاقته الحركية أقل، وهذا التقاربُ يجعلها غيرَ قابلةٍ للانضغاط، كما تكون كثافتها أكبر من كثافة الغازات. وفي ما يأتي أهمُ خصائص السوائل.

التبخُّر Evaporation

تتبخَّرُ مياهُ المسطحات المائية دونَ أن تغلي، فكيف يحدثُ ذلك؟ تُعرَّفُ عمليةُ التبخُّر Evaporation بأنها تحوُّلُ المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وحتى تحدث هذه العملية يجب أن تكون الطاقة الحركية لبعض الجزيئات كافيةً للتغلب على قوى التجاذب بينها وبين الجزيئات المحيطة بها، فتفلت من سطح السائل إلى الحالة الغازية. يوضِّحُ الشكل (14) منحني ماكسويل - بولتزمان، الذي يوضِّحُ توزيعَ الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجة حرارة معينة؛ حيث تمثِّل الرموزُ (س، ب، ص، ع، أ) ما يأتي:



الشكل (14): منحني ماكسويل - بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجة حرارة معينة.

الفكرة الرئيسية:

تمتازُ السوائلُ بخصائصٍ محددةٍ تعتمدُ على قوى التجاذب بين جزيئاتها.

نتائجُ التعلُّم:

- أوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيم: تبخُّر، تكاثف، ضغط بخاري، درجة الغليان.

- أستنتجُ العواملَ التي تؤثرُ في خصائص المادة في الحالة السائلة.

المفاهيم والمصطلحات:

المائع	Fluid
التبخُّر	Evaporation
التكاثف	Condensation
الضغط البخاري	Vapor Pressure
درجة الغليان	Boiling Point
درجة الغليان العادية	Normal Boiling Point

ويكون غير قابل للانضغاط، وتكون كثافته أعلى من كثافة الغازات، بالإضافة إلى خصائص أخرى ستجري دراستها بالتفصيل.

- أدير نقاشاً بين أفراد المجموعات، وأطلب إليهم مشاركة بعضهم بعضاً في ما توصّلوا إليه.
- أوجه الطلبة للعودة إلى لوحة (نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة) الحالة السائلة وتعبئتها.

المناقشة:

أطرح السؤالين الآتيين:

- ما المقصود بعملية التبخر؟ وكيف يتبخّر السائل؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن التبخر هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وأن عملية التبخر تحدث نتيجة الحركة المستمرة والدائمة والتصادمات بين جزيئات السائل، مما يجعل بعض هذه الجزيئات تمتلك طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بينها وبين الجزيئات المحيطة؛ فتفلت من سطح السائل أي تتبخّر.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (14) وأناقشهم في دلالة الرموز فيه.

◀ المناقشة:

● أسأل الطلبة:

- ما الرمز الذي يمثل الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات؟ (ع).
- في المنحنى؛ ما الجزء الذي يمثل الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخّر؟ المنطقة المظللة تحت المنحنى.
- أبين للطلبة أنه لا يشترط غليان السائل حتى يتبخّر، فمياه البحار تتبخّر، وإن سبب ذلك حركة جزيئات السائل وتصادمها المستمر يجعل بعضها يمتلك طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات، وبالتالي التبخر في أي لحظة.

◀ قراءة الجداول:

- أوزع الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية (فكر، انتق زميل، شارك) بحيث يفكر كل طالب منفردًا أولاً، ثم يتشارك مع زميل له ما توصل إليه، وأخيراً تتفق المجموعة على الإجابة بعد مناقشتها.
- أطرح السؤال الآتي: لماذا تتفاوت السوائل في سرعة تبخرها؟

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- ما نوع قوى التجاذب بين جزيئات الإيثانول والأسيتون؟
- أيهما أسرع تبخرًا؟ ولماذا؟

- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم عند الحاجة، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، وتكليف أحد الطلبة بعرض النتائج ومناقشتها للتوصل إلى أن قوى التجاذب بين جزيئات السائل هي أحد العوامل المؤثرة في سرعة التبخر، وأن قوى التجاذب كلما كانت بين جزيئات السائل أقوى كان الحد الأدنى من الطاقة اللازم للتغلب عليها أكبر، وكانت سرعة تبخرها أقل عند درجة حرارة معينة.

س : الطاقة الحركية التي يمتلكها أكبر عدد من جزيئات السائل.

ب : عدد الجزيئات التي تمتلك الطاقة الحركية س.

ص : متوسط الطاقة الحركية للجزيئات.

ع : الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

أ : عدد الجزيئات التي تمتلك الطاقة ع.

أما المنطقة المظللة فتمثل الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخّر.

الأحظ من المنحنى وجود جزيئات تمتلك طاقة كافية للتبخّر (المنطقة المظللة تحت المنحنى)، فتفعلت هذه الجزيئات من سطح السائل متحوّلة للحالة الغازية، كما أنّ الحركة الدائمة والتصادمات المستمرة بين جزيئات السائل تزيد من الطاقة الحركية لبعض الجزيئات، فتصبح كافية للتغلب على قوى التجاذب التي تربطها مع الجزيئات المحيطة بها، فتفعلت من سطح السائل؛ أي تبخّر دون أن تكون درجة الحرارة مساوية لدرجة الغليان.

وهو ما يفسّر حدوث عملية التبخر من سطح السائل عند أي درجة حرارة؛ نظرًا لوجود جزيئات تمتلك حدًا أدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر في أي لحظة.

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر Factors Affecting Evaporation Rate

تختلف السوائل في سرعة تبخرها اعتمادًا على قوى التجاذب بين جزيئاتها عند ثبات درجة الحرارة، ويبيّن الجدول (1) نوع قوى التجاذب بين جزيئات سائلين؛ كحول الإيثانول والأسيتون، ومقارنة بين سرعة تبخرهما.

الجدول (1): أثر قوى التجاذب بين جزيئات السائل في سرعة تبخره.

المادة	نوع قوى الترابط بين جزيئاتها في الحالة السائلة	الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر	سرعة التبخر
كحول الإيثانول CH_3CH_2OH (مُطَهَّرٌ للجروح)	الروابط الهيدروجينية	أكبر	أقل سرعة
الأسيتون CH_3COCH_3 (مزيلٌ لطلاء الأظافر)	ثنائية القطب	أقل	أسرع

معلومة إضافية

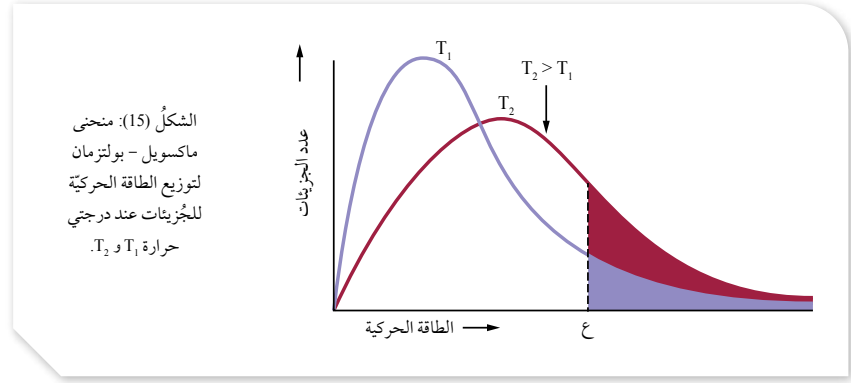
الحركة البراونية: لاحظ العالم براون خلال تجاربه على النباتات حركة مستمرة لحبيبة لقاح صغيرة قطرها 0.01mm في الماء، وقام بإجراء مزيدًا من التجارب لمعرفة سبب هذه الحركة، وتوصل إلى أن سبب ذلك حركة مستمرة عشوائية لجزيئات السائل، وتصادمها مع هذه الحبيبات الصغيرة، وقد أسهم علماء عدة آخرون في إثبات ذلك، وأن هذا ينطبق أيضًا على حركة جزيئات الغاز.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوزع الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية (فكر، انتق زميلاً، شارك) بحيث يفكر كل طالب/ طالبة منفرداً أولاً، ثم يشارك زميلاً/ زميلة ما توصلنا إليه، وأخيراً؛ تتفق المجموعة على الإجابة بعد مناقشتها.
- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (15) ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ماذا يمثل الشكل؟ أيهما أكبر T_1 أم T_2 ؟
- ماذا يمثل الرمز ϵ ؟ ولماذا تزداد سرعة تبخر السائل بزيادة درجة حرارته؟

أطلب إلى كل مجموعة إشراك طالب لعرض النتائج ومناقشتها للتوصل إلى أن الشكل يمثل منحني ماكسويل بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركية للجزيئات عند درجتي حرارة $T_2 > T_1$ ، وأنه بزيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وتزداد عدد التصادمات بينها؛ فيزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر وتزداد سرعة التبخر.



ألاحظ أن جزيئات كحول الإيثانول ترتبط بروابط هيدروجينية، وهي قوية نسبياً مقارنة بقوى التجاذب ثنائية القطب بين جزيئات الأسيتون، ومن ثم فإن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخّر الأسيتون أقل؛ لذلك يتبخّر أسرع، أما الإيثانول فإن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخّره أكبر؛ لذلك تكون سرعة تبخّره أقل. هذا يعني أنه كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى كان الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخّره أكبر وسرعة تبخّره أقل.

هناك عامل آخر يؤثر في سرعة التبخر، هو درجة الحرارة. ولتفسير ذلك، يُستخدم منحني ماكسويل - بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائل عند درجتي حرارة T_1 و T_2 حيث $T_2 > T_1$ ، ويمثل الرمز ϵ الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر ولا يعتمد على درجة الحرارة، كما في الشكل (15). وعند مقارنة المساحة المظللة تحت المنحنيين، نجد أن عدد الجزيئات التي تمتلك الطاقة اللازمة للتبخّر عند درجة حرارة T_2 أكبر منها عند T_1 .

تفسير ذلك أن زيادة درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات وتزيد من عدد التصادمات بينها، فيزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر وتزداد سرعة التبخر.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* المهارات الحياتية : التواصل

بعد التواصل أحد المهارات الحياتية المهمة، وتتضمن القدرة على التعبير عن الأفكار بشكل واضح، والاستماع إلى آراء الآخرين، وتقبل الرأي الآخر واحترامه، وتقديم الدعم للآخرين وتشجيعهم على المشاركة، مثلاً أثناء تنفيذ العمل التعاوني.

بناء المفهوم:

طاقة التبخر المولية

- أوضح للطلبة أن كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد من المادة من الحالة السائلة إلى الغازية عند درجة حرارة معينة تسمى طاقة التبخر المولية. وأبين للطلبة أنها طاقة ممتصة وأستخدم معادلة تبخر الماء في توضيح ذلك.

تحقق:

- 1- كلما كانت قوى التجاذب بين الجزيئات أقوى كانت طاقة التبخر المولية أكبر.
- 2- $\text{CH}_3\text{OH} < \text{CH}_3\text{Cl} < \text{CH}_3\text{CH}_3$ الترتيب حسب سرعة التبخر من الأقل إلى الأعلى.

افكر:

- أ: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل B فيتبخر.
 - ب: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل A فيتبخر.
- السائل A لأن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخره أقل.

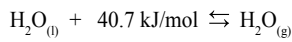
معلومة إضافية

طاقة التبخر المولية

- أوضح للطلبة أن طاقة التبخر المولية تعتمد على قوى التجاذب بين جزيئات السائل، وأن قوى التجاذب كلما كانت بين جزيئات السائل أقوى كانت طاقة التبخر المولية أكبر.

تُسمى كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة حرارة معينة طاقة التبخر المولية.

ويمكن تمثيل عملية تبخر مول من الماء بالمعادلة:



تمثل الطاقة في المعادلة طاقة التبخر المولية للماء، ويتميز الماء بارتفاع طاقة تبخره المولية مقارنةً بغيره من السوائل.

تحقق:

- 1- ما العلاقة بين طاقة التبخر المولية للسائل وقوى التجاذب بين جزيئاته؟
- 2- أرّتب السوائل الآتية تصاعدياً تبعاً لزيادة سرعة تبخرها: CH_3CH_3 , CH_3OH , CH_3Cl

الربط بالحياة

صناعة القهوة سريعة الذوبان

للحصول على بلورات القهوة سريعة الذوبان تُجفف القهوة السائلة بطريقتين، هما: التجفيف بالرّش، والتجفيف بالتجميد. في الأولى، تُرش القهوة السائلة المُركّزة كـرذاذ خفيف في هواء شديد الحرارة والجفاف (نحو 250°C)؛ إذ يعمل الرّذاذ على زيادة مساحة السطح المُعرّض للتبخّر على نحو كبير، فيتبخر الماء بسرعة تاركاً حبيبات من القهوة سريعة الذوبان. أمّا التجفيف بالتجميد، فتبرّد فيه القهوة السائلة المُركّزة على مرحلتين إلى درجة حرارة نحو (-40°C) ، فتتشكّل ألواح من القهوة المُجمّدة يجري تكسيّرُها إلى حبيبات ثم إرسالها إلى وحدة التجفيف المُفرّغ من الهواء؛ حيث يتسامى الجليد على درجة حرارة منخفضة تاركاً حبيبات من القهوة سريعة الذوبان.

افكر: يمثل الشكل الآتي توزيع الطاقة الحركية لجزيئات السائلين A و B عند درجة حرارة معينة.

- ماذا تمثل كل من النقطتين أ و ب؟

- أي السائلين أسرع تبخرًا عند درجة الحرارة نفسها؟



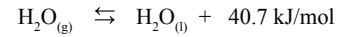
الربط بالحياة

صناعة القهوة سريعة الذوبان

- أوجّه الطلبة لقراءة النص الوارد في بند (الربط بالحياة)، واستنتاج طرق تجفيف القهوة السائلة للحصول على القهوة سريعة الذوبان. وربط ذلك بالعوامل التي تزيد من سرعة التبخر، ومنها زيادة مساحة سطح السائل المعرض للتبخّر، وكذلك تخفيض الضغط المؤثر على سطحه فيتبخر على درجة حرارة منخفضة.

التكاثف Condensation

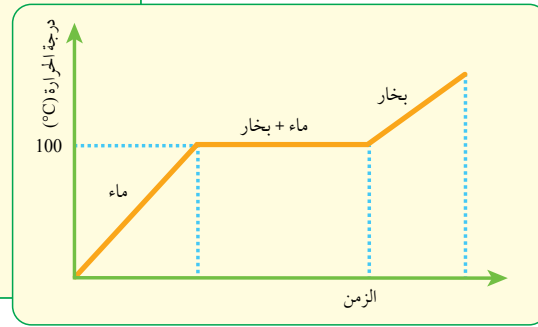
تُسمى عملية تحوّل المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة **التكاثف Condensation**، وتحدث عندما تنخفض درجة حرارة البخار فتقل الطاقة الحركية لجزيئاته وتقل سرعتها، وعندما تتقارب للحد الكافي تتجاذب حَسَب نوع قوى التجاذب بينها متحوّلة إلى الحالة السائلة. وينجم عن عملية التكاثف تحرُّر كمية من الطاقة مساوية لكمية الطاقة المُمتصة عند التبخر، وتُسمى كمية الطاقة الناتجة من تكاثف مول واحد من بخار المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة معيَّنة طاقة التكاثف المولية. ويمكن التعبير عن عملية تكاثف مول من بخار الماء بالمعادلة:



ألاحظُ أنّ طاقة التبخر المولية للماء تساوي طاقة تكاثفه المولية، وأنّ عملية التبخر ماصة للطاقة وعملية التكاثف طاردة لها.

✓ **أتحقّق:** ما شروط حدوث عملية التكاثف؟

أفكر: أفسّر، مستعيناً بالشكل الآتي الذي يمثل منحنى تسخين الماء: الحروق الناجمة عن بخار الماء أشد من تلك الناجمة عن الماء الساخن عند 100 °C.



83

بناء المفهوم:

• أطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

- ما المقصود بالتكاثف؟

التكاثف هو تحوّل المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة.

- كيف تحدث عملية التكاثف؟

عندما تنخفض درجة الحرارة تقل الطاقة الحركية للجزيئات وتقل سرعتها، وعندما تتقارب تتجاذب متحوّلة إلى الحالة السائلة.

- ما العلاقة بين طاقة التبخر المولية وطاقة التكاثف المولية للمادة؟ أكتب معادلة تكاثف الماء على أن تكون الطاقة جزء منها.

طاقة التبخر المولية تساوي طاقة التكاثف المولية ولكنها طاقة منبعثة.

• أستمع لإجابات الطلبة ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى الإجابات السابقة، وأكّلف أحد الطلبة بكتابة المعادلة ثم أوضح أن الطاقة المنبعثة تكتب جهة المواد الناتجة.

✓ **أتحقّق:** انخفاض درجة حرارة السائل وتقارب جزيئاته.

أفكر

نلاحظ من المنحنى ارتفاع درجة حرارة الماء نتيجة تسخينه حتى 100 °C، ثم ثبات هذه الدرجة لمدة من الزمن مع استمرار التسخين؛ فيمتص الماء مزيداً من الطاقة الحرارية للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئاته متحوّلاً إلى بخار الماء، أي أن بخار الماء يخترن كمية من الطاقة الحرارية أكبر من تلك التي يخترنها الماء عند 100°C، وعند تكاثفه؛ فإنه يطلقها مسبباً حروفاً أشد من تلك التي يسببها الماء على درجة حرارة 100 °C.

التكاثف

طريقة أخرى للتدريس

- أوزع الطلبة في مجموعات؛ تشكل كل منها طاولة مستديرة أمرر إلى كل مجموعة ورقة تتضمن الأسئلة الآتية:
 - ما المقصود بالتكاثف؟
 - كيف يحدث التكاثف؟
 - ما العلاقة بين طاقة التبخر وطاقة التكاثف المولية؟ أكتب معادلة التكاثف على أن تكون الطاقة جزء منها.
- أوجّه الطلبة إلى تمرير الورقة إلى أفراد المجموعة؛ ليشترك كل طالب في الإجابة، ثم مناقشة الإجابات من قِبَل المجموعة والاتفاق عليها. وبعد انتهاء الوقت المحدد (15 min) أطلب منهم التوقف، ثم تعرض كل مجموعة لإجاباتها، وأناقشها للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

• أشرح على الطلبة الأسئلة الآتية :

- ماذا يحدث عند وضع كمية من الماء في وعاء مفتوح؟
- ماذا يحدث عندما يكون الوعاء مغلقاً؟

أوضح للطلبة أن السائل يبدأ بالتبخّر، حيث تتبخر الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخّر عند درجة حرارة معينة، وبمعدل ثابت، ونتيجة زيادة عدد جزيئات البخار؛ يزداد تصادمها مع بعضها بعضاً ومع سطح السائل وجدار الإناء، ويتج عن ذلك أن تفقد بعض الجزيئات طاقة؛ فتتحول إلى الحالة السائلة، ويستمر ذلك إلى أن يصبح عدد الجزيئات المتبخرة مساوياً لعدد الجزيئات المتكاثفة عندها يكون معدل سرعة التبخر مساوياً لمعدل سرعة التكاثف وتسمى هذه الحالة الاتزان الديناميكي بين السائل وبخاره.

استخدام الصور والأشكال:

• أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (16)؛ لاستنتاج العلاقة بين معدل سرعة التبخر ومعدل سرعة التكاثف عند الاتزان.

• أشرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

- ماذا ينتج عن تصادم جزيئات بخار السائل مع سطح السائل داخل الإناء؟ إجابة محتملة: ينتج عن ذلك ضغط لبخار السائل على سطحه.

- عندما تكون سرعة التبخر مساوية لسرعة التكاثف هل يتغير عدد جزيئات بخار السائل؟ وهل يتغير ضغطها؟ إجابات محتملة: لا يتغير عدد الجزيئات بخار السائل، ولا يتغير ضغط بخار السائل.

• أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى مفهوم الضغط البخاري للسائل، وهو الضغط الناتج عن جزيئات بخار السائل والمؤثر على سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة. وأوضح للطلبة أن العوامل المؤثرة في الضغط البخاري هي درجة الحرارة وقوى التجاذب بين جزيئات السائل.

• أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأوجههم إلى دراسة الشكل (17)، مستخدماً إستراتيجية التفكير الناقد، وأحث الطلبة على تحليل الشكل، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

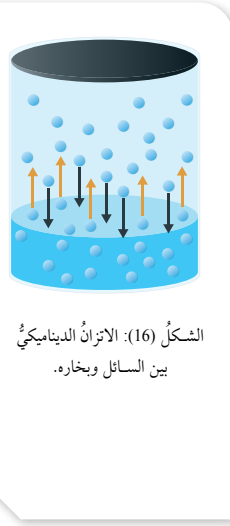
- ما التغير الذي يحدث للضغط البخاري بزيادة درجة الحرارة؟

الضغط البخاري Vapor Pressure

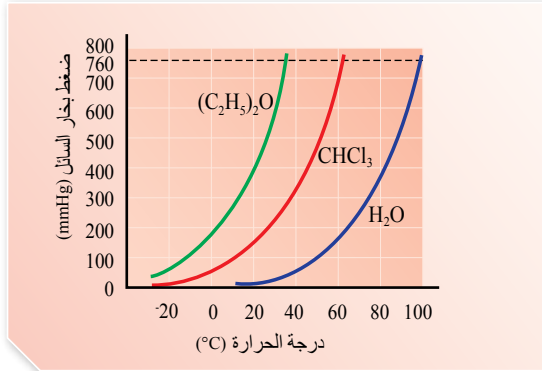
عند وضع سائل في وعاء مكشوف فإنه يستمر بالتبخّر، ولكن ماذا لو كان الوعاء مغلقاً؟

عند وضع السائل في وعاء مغلق فإنه يبدأ بالتبخّر بحيث تفلت من سطحه الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية. وتحدث عملية التبخر بمعدل ثابت عند درجة حرارة معينة، وبمرور الوقت يزداد عدد جزيئات بخار السائل داخل الوعاء ويزداد تصادمها مع بعضها ومع جدار الوعاء وسطح السائل، وتفقد نتيجة ذلك بعض الجزيئات جزءاً من طاقتها الحركية خلال تلك التصادمات فتتكاثف، وبمرور الوقت يزداد عدد الجزيئات المتكاثفة حتى يصبح مساوياً لعدد الجزيئات المتبخرة خلال وحدة الزمن؛ أي أن معدل سرعة التبخر يساوي معدل سرعة التكاثف، كما يوضح الشكل (16)، ويوصف هذا الوضع بأنه حالة اتزان ديناميكي بين السائل وبخاره، يثبت عندها ضغط بخار السائل، ويسمى الضغط الناتج عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة **الضغط البخاري Vapor Pressure** للسائل.

يتأثر الضغط البخاري للسائل بدرجة الحرارة وقوى التجاذب بين جزيئاته، ويبيّن الشكل (17) تغيير الضغط البخاري لثلاثة سوائل: ثنائي إيثيل إيثر $(C_2H_5)_2O$ ، وثلاثي كلورو ميثان $CHCl_3$ ، والماء H_2O ، مع زيادة درجة الحرارة. ألاحظ أنه كلما ازدادت درجة الحرارة ازداد الضغط البخاري للسائل.



الشكل (16): الاتزان الديناميكي بين السائل وبخاره.



الشكل (17): أثر درجة الحرارة في الضغط البخاري لعدد من السوائل.

84

- ما العلاقة بين الضغط البخاري للسائل ودرجة الحرارة؟

- هل يدل الشكل على وجود عامل آخر يؤثر في الضغط البخاري للسائل؟

• أوجّه أفراد كل مجموعة إلى مناقشة إجاباتهم في ما بينهم، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأخرى، ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات ويزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر فتزداد سرعة التبخر وعدد الجزيئات المتبخرة فيزداد ضغطها البخاري، ويوضح الشكل أن كل سائل له ضغط بخاري خاص به عند درجة الحرارة نفسها؛ مما يشير إلى وجود عامل آخر يؤثر في الضغط البخاري للسائل وهو قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل	الضغط البخاري (mmHg) عند 20 °C	المادة	
روابط هيدروجينية	20	H ₂ O	الماء
ثنائية القطب	150	CHCl ₃	ثلاثي كلورو ميثان
ثنائية القطب	400	(C ₂ H ₅) ₂ O	ثنائي إيثيل إيثر

ولمعرفة أثر قوى التجاذب بين جزيئات السائل في ضغطه البخاري، ألاحظ قِيمَ الضغط البخاري للسوائل الثلاثة عند درجة الحرارة نفسها ونوع قوى التجاذب بين جزيئات كل سائل. أنظر الجدول (2).

ألاحظ أنه كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى قلَّ ضغطه البخاري، فالضغط البخاري للماء ذي الروابط الهيدروجينية الأقوى هو الأقل، بينما الضغط البخاري لثنائي إيثيل إيثر الذي ترتبط جزيئاته بقوى تجاذب ثنائية القطب الأضعف هو الأعلى.

أي أنه كلما ازدادت قوى التجاذب بين جزيئات السائل قلَّ ضغطه البخاري عند درجة حرارة معينة.

✓ أتحقّق:

1- أفسّر تزايد الضغط البخاري للسائل بزيادة درجة حرارته.

2- مستعيناً بالشكل (17)، أحدد الضغط البخاري لكل من ثلاثي كلورو ميثان والماء عند درجة حرارة 50 °C، وأقارنهما بقيمة ضغطه البخاري الواردة في الجدول (2). ماذا أستنتج؟

◀ قراءة الجداول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (2) وأناقشه معهم:
 - ما السائل الذي له أعلى ضغط بخاري، وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟ ثنائي إيثيل إيثر، ثنائية القطب.
 - ما السائل الذي له أقل ضغط بخاري، وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟ الماء، روابط هيدروجينية.
 - ما العلاقة بين الضغط البخاري للسائل وقوى التجاذب بين جزيئاته؟

أوضح للطلبة أنه كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى؛ كان الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر أكبر، وكان عدد الجزيئات التي تمتلك هذه الطاقة أقل، وسرعة التبخر أقل، وعدد الجزيئات المتبخرة والمؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل أقل، وبالتالي الضغط البخاري أقل عند درجة حرارة معينة.

✓ أتحقّق:

1- يزداد الضغط البخاري بزيادة درجة الحرارة، وذلك لزيادة عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخّر؛ فتزداد سرعة التبخر ويزداد عدد الجزيئات المتبخرة المؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل، فيزداد الضغط البخاري له.

2- الضغط البخاري عند 50 °C

500 mmHg = CHCl₃

100 mmHg = H₂O

عند مقارنة الضغط البخاري لكلا المادتين عند 50 °C و 20 °C ألاحظ أنه كلما زادت درجة الحرارة زاد الضغط البخاري للسائل.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج

والمواد الدراسية

* التفكير: التأمل والتساؤل

يعد التأمل والتساؤل من مهارات التفكير التي تؤدي لإنتاج المعرفة، فالتأمل في الظواهر المختلفة وطرح التساؤلات حولها وإجراء التجارب ورصد الملاحظات والبحث عن تفسيرات واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة المرتبطة بها يؤدي لإنتاج معرفة جديدة.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (مفهوم الضغط البخاري والعوامل المؤثرة فيه). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

أفكر

CH₃CH₃ > CH₃F > CH₃OH

المناقشة:

- أطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:
- ما الفرق بين التبخر والغليان؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن التبخر يحدث من سطح السائل وعلى جميع درجات الحرارة حيث تتبخر الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية الكافية للتغلب على قوى الترابط بين الجزيئات، أما الغليان فيحدث نتيجة تسخين السائل فتزداد الطاقة الحركية لجزيئاته وعندما تصبح طاقة الجزيئات في جميع أجزاء السائل كافية للتبخر يحدث الغليان وتسمى درجة الحرارة عندها درجة الغليان.

ماذا يحدث للضغط البخاري للسائل مع استمرار عملية التبخر؟ وهل للضغط البخاري علاقة بالغليان؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن الضغط البخاري يزداد بزيادة درجة الحرارة، وعندما يصبح الضغط البخاري للسائل مساويا للضغط الواقع عليه (ضغط الهواء) يغلي السائل. أبين للطلبة أن يمكن التحكم بدرجة غليان السائل بالتحكم بالضغط الواقع عليه، فيمكن تخفيض الضغط من خلال تفريغ الهواء، وإذا كان الضغط المؤثر على سطح السائل يساوي 1atm, 760mmHg تسمى درجة الغليان العادية.

قراءة الجداول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) وأناقشهم فيه للتوصل إلى أنه يمكن للماء أن يغلي مثلاً عند 40°C عندما يكون ضغطه البخاري 55.3 mmHg ويكون مساويا للضغط الواقع عليه.

تحقق:

- درجة غليان الماء 80°C
- درجة الغليان العادية لكل من: ثلاثي كلوروميثان $\leftarrow 61.3^{\circ}\text{C}$
- ثنائي إيثيل إيثر $\leftarrow 34.6^{\circ}\text{C}$

افكر: درجة الغليان العادية لـ HF أعلى لأن قوى التجاذب بين جزيئاته أقوى.

درجة الغليان Boiling Point

عند تسخين السائل تزداد الطاقة الحركية لجزيئاته ويزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر فتزداد سرعته تبخره، وعندما تصبح الطاقة التي تمتلكها الجزيئات في جميع أجزاء السائل كافية لتبخره يبدأ السائل بالغليان، وتتكون فقاعات كثيرة في جميع أجزائه وترتفع إلى سطحه وتغادره؛ أي تنتقل إلى الحالة الغازية، عند ذلك يكون ضغطه البخاري مساويا للضغط الواقع عليه؛ لأنه لو كان أقل منه لانفجرت الفقاعات قبل وصولها إلى السطح، وتسمى درجة الحرارة عند ذلك **درجة غليان السائل Boiling Point**. ويمكن جعل السائل يغلي عند أي درجة حرارة، وذلك من خلال التحكم في الضغط المؤثر في سطحه. يوضح الجدول (3) الضغط البخاري للماء عند درجات حرارة مختلفة. أما درجة الحرارة التي يصبح عندها الضغط البخاري للسائل مساويا للضغط الجوي (1atm, 760 mmHg)، فتسمى **درجة الغليان العادية Normal Boiling Point**، وتعتمد درجة غليان السائل على قوى التجاذب بين جزيئاته وتزداد بزيادتها.

الجدول (3): الضغط البخاري للماء عند درجات حرارة مختلفة.

درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)	الضغط البخاري (mmHg)
20	17.5
40	55.3
60	149.4
80	355
100	760.0

تحقق:

- أعدد، اعتماداً على الجدول (3)، درجة غليان الماء عندما يبلغ ضغطه البخاري 355 mmHg
- اعتماداً على الشكل (17)، أعدد درجة الغليان العادية لثلاثي كلورو ميثان وثنائي إيثر.

افكر: أعدد أي السائلين NH_3 أم HF له أعلى درجة غليان.

الربط بالحياة أواني الضغط

تستخدم أواني الضغط للعمل على إنضاج الطعام بسرعة؛ وذلك لأن ارتفاع ضغط البخار داخلها يؤدي إلى رفع درجة غليان الماء إلى نحو 120°C . وحتى لا يحدث انفجاراً بسبب زيادة الضغط، يوجد صمام يسمح بخروج بعض البخار؛ ما يقلل الضغط داخلها.



86

الربط بالحياة

- أوجه الطلبة إلى قراءة بند الربط بالحياة، ثم أسألهم لماذا ينضج الطعام في أواني الضغط بسرعة؟ وهل الضغط البخاري داخلها يساوي الضغط الجوي؟ أناقشهم ثم أبين لهم أن الضغط داخلها أعلى من الضغط الجوي، وأوجههم إلى ضرورة التعامل بحرص وحذر مع أواني الضغط.

ورقة العمل (3)

أوزع الطلبة في مجموعات ثنائية، ثم أزودهم بورقة العمل (3) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل فردي أولاً ثم مناقشة الحل على شكل ثنائيات، وأمنحهم وقتاً كافياً، أوجه عدداً من المجموعات لعرض إجاباتها، وأدير نقاشاً مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

التجربة 3

قابلية السوائل للانتشار

الهدف: أستقصي قابلية السوائل للانتشار وتأثرها بدرجة الحرارة.

زمن التنفيذ: 15 min

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجه الطلبة إلى التعامل بحذر مع الماء الساخن.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
 - أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
 - أتجول بين الطلبة موجهاً ومُرشدًا ومُساعِدًا. وأناقشهم لوصف سرعة انتشار الحبر في الماء الساخن والبارد.
- النتائج المتوقعة** ينتشر الحبر في الماء الساخن أسرع من انتشاره في الماء البارد.

التحليل والاستنتاج:

1. الكأس الذي يحتوي ماء ساخن.
2. لأن جزيئات السائل (الماء والحبر) في حركة مستمرة وعشوائية وتتصادم مع بعضها بعضاً؛ مما يتسبب في انتشارها.
3. وذلك لأن زيادة درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات؛ فتزداد سرعتها، ويزداد عدد تصادماتها؛ فتزداد سرعة انتشارها.

التجربة 3

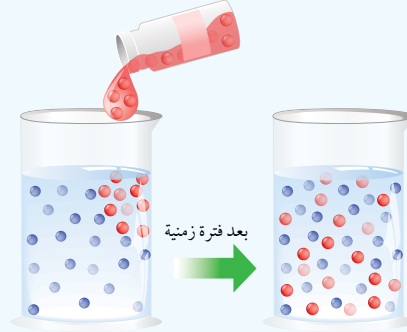
قابلية السوائل للانتشار

المواد والأدوات:

كأس زجاجية سعة 500 mL (عدد 2)، حبر سائل، مصدر حرارة، ميزان حرارة، ساعة وقف (عدد 2)، قفازات.

إرشادات السلامة:

- أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات والكمامة.



خطوات العمل:

- 1- أضغ 250 mL من الماء في كل من الكأسين.
- 2- أسخن إحدى الكأسين حتى تصبح درجة حرارة الماء فيها 60 °C، ثم أبعدها عن مصدر الحرارة.
- 3- أستخدّم القفازات لوضع نقطة حبر في كل كأس.
- 4- أقيس زمن انتشار الحبر في كلا الكأسين باستخدام ساعة الوقف.
- 5- ألاحظ الفرق بين سرعة انتشار الحبر في كلا الكأسين.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أي الكأسين كان انتشار الحبر فيها أسرع؟
- 2- أفسر انتشار الحبر في الماء في كلا الكأسين.
- 3- أفسر اختلاف سرعة انتشار الحبر باختلاف درجة الحرارة.

تقويم تجربة: قابلية السوائل للانتشار

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

أداة التقويم: سلم تقدير.

الرقم	معيّار الأداء	1	2	3
1	قياس الزمن باستخدام ساعة الوقف بدقة			
2	تدوين النتائج بصورة منظمة.			
3	التوصل إلى استنتاجات صحيحة اعتماداً على النتائج			

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

الهدف: أستقصي العوامل المؤثرة في سرعة التبخر.

زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذر الطلبة من استنشاق المواد العضوية، والتعامل معها بحذر وإبعادها عن اللهب فهي مواد سريعة الاشتعال.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أذكر الطلبة أن حجم السائل يأخذ عند أسفل التقعر الذي يبدو على سطحه.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهاً ومُرشدًا ومُساعِدًا. وأناقشهم للتوصل إلى العوامل المؤثرة في سرعة التبخر.
- النتائج المتوقعة: تزداد سرعة التبخر بزيادة درجة الحرارة. تختلف السوائل في سرعة تبخرها.

التحليل والاستنتاج:

1. ثنائي إيثيل إيثر < الأستون < كحول الإيثانول
2. ثنائي إيثيل إيثر (ثنائية القطب)، الأستون (ثنائية القطب)، كحول الإيثانول (رابطة هيدروجينية).
3. كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى، كان عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على هذه القوى أقل؛ فتكون سرعة التبخر السائل أقل عند درجة حرارة معينة.
4. كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أضعف كان السائل أسرع تبخرًا والعكس صحيح.
5. كلما زادت درجة الحرارة زادت الطاقة الحركية للجزيئات، وازداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر؛ فتزداد سرعة التبخر.

التجربة 4

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

المواد والأدوات:

أستون، كحول الإيثانول، ثنائي إيثيل إيثر، مخبر مدرّج (10 mL) عدد (3)، أنبوب اختبار عدد (6) وأرْقَمُها، كأس زجاجية سعة (200 mL)، ماء ساخن درجة حرارته 40°C، حامل أنابيب اختبار.

إرشادات السلامة:

- أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرندي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات والكمامة.
- أحذر من استنشاق المواد العضوية على نحو مباشر.

خطوات العمل:

- 1- أقيس (10 mL) من الأستون باستخدام المخبر المدرّج وأضعها في أنبوب الاختبار رقم (1)، وكذلك الحال في أنبوب الاختبار رقم (2)، وأكرّر ذلك بالنسبة إلى كحول الإيثانول (أنبوبي الاختبار 3، 4) وثنائي إيثيل إيثر (أنبوبي الاختبار 5، 6).
- 2- أضغ أنابيب الاختبار 1، 3، 5 في حامل الأنابيب قريبًا من النافذة، وأتركها لمدة (10 min).
- 3- أضغ أنابيب الاختبار 2، 4، 6 في الكأس الزجاجية المحتوية على الماء الساخن بدرجة 40°C، وأتركها لمدة (5 min).
- 4- أقيس كمية السائل المتبقية في كل أنبوب اختبار باستخدام المخبر المدرّج، ثم أسجلها.
- 5- أنظّم البيانات: أسجل الكميات المتبقية من كل سائل في الجدول.

اسم السائل	رقم الأنبوب	كمية السائل
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	

- 6- أقرّن الكمية المتبقية من السائل نفسه في الحالتين.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أرنبّ السوائل الثلاثة حسب سرعة تبخرها.
- 2- أهدّد نوع قوى التجاذب بين جزيئات كل سائل.
- 3- أفسّر اختلاف السوائل الثلاثة في سرعة تبخرها اعتمادًا على قوى التجاذب بين جزيئاتها.
- 4- أستنتج العلاقة بين نوع قوى التجاذب بين جزيئات السائل وسرعة تبخره.
- 5- أستنتج العلاقة بين درجة الحرارة وسرعة تبخر السائل.

تقويم تجربة: العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

استراتيجية التقويم: الملاحظة. أداة التقويم: قائمة رصد.

الرقم	معيّار الأداء	نعم	لا
1	قياس حجوم السوائل بدقة		
2	قياس الزمن باستخدام ساعة الوقف بدقة		
3	تدوين النتائج بصورة منظمة.		
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة اعتمادًا على النتائج		

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* الأمن والسلامة:

أرشد الطلبة إلى ضرورة اتباع إجراءات الأمن والسلامة في أثناء تنفيذ التجارب العملية في المختبر؛ للحفاظ على سلامتهم وسلامة الآخرين. وأوجههم إلى ضرورة التعامل مع المواد الكيميائية العضوية بحذر وإبعادها عن مصدر اللهب فهي سريعة الاشتعال.

مراجعة الدرس

1 لأن جزيئات السائل في حركة مستمرة وعشوائية، وتترابط في ما بينها بقوى تجاذب تجعلها متقاربة، لذلك؛ فهي ذات حجم ثابت، ولأن قوى التجاذب ضعيفة نسبياً فهي غير كافية لإبقاء الجزيئات في أماكن محددة وثابتة، فالسوائل لها القدرة على الجريان؛ فتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه.

2 الضغط البخاري: الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة. درجة الغليان العادية: درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط بخار السائل مساوياً للضغط الجوي (1 atm, 760 mmHg).

3 يغلي السائل عندما يصبح ضغطه البخاري مساوياً للضغط الجوي، ولأن الضغط الجوي في منطقة الأغوار يزيد عن سطح البحر، ترتفع درجة حرارة الماء أكثر من 100 °C حتى يصبح ضغطه البخاري مساوياً للضغط الجوي في الأغوار.

4 سرعة تبخره = سرعة تكاثف بخاره

5 أ - B

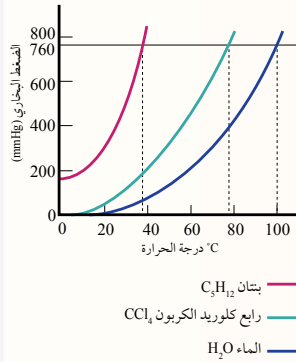
ب - A

ج - B

مراجعة الدرس

- 1 - الفكرة الرئيسية: أفسّر: يأخذ السائل شكل الإناء الذي يوضع فيه، ولكن حجمه يظل ثابتاً.
- 2 - أوضّح المقصود بكل ممّا يأتي:
• الضغط البخاري. • درجة الغليان العادية.
- 3 - أفسّر: يغلي الماء في الأغوار على درجة حرارة أكثر قليلاً من 100 °C.
- 4 - أصف: سائل في وعاء مغلق ضغطه البخاري ثابت، ما العلاقة بين سرعة تبخره وسرعة تكاثف بخاره؟
- 5 - أستنتج: يتبخّر المركّب A بسرعة أكبر من سرعة تبخر المركّب B عند 25 °C:
أ - أي المركّبين قوى التجاذب بين جزيئاته أكبر؟
ب - أي المركّبين له ضغط بخاري أعلى عند 25 °C؟
ج - أي المركّبين درجة غليانه العادية أكبر؟

6 - يمثل المنحنى المجاور تغيير الضغط البخاري (mmHg) لثلاثة سوائل مع درجة الحرارة °C. أجب عمّا يأتي:



- أ - أحدد الضغط البخاري لرابع كلوريد الكربون عند 60 °C.
- ب - أحدد درجة الغليان العادية للبنتان.
- ج - أرّتب السوائل الثلاثة حسب سرعة تبخرها.
- د - بفرض أنّ الضغط الجوي على قمة أحد الجبال يساوي 500 mmHg، أحدد درجة غليان الماء عند هذا الارتفاع.
- هـ - أستنتج اسم السائل الذي له أقل طاقة تكاثف مولية.

6 أ - 450 mmHg

ب - 36.1 °C

ج - بنتان (C₅H₁₂) < رابع كلوريد الكربون CCl₄ < الماء H₂O

د - 87 °C

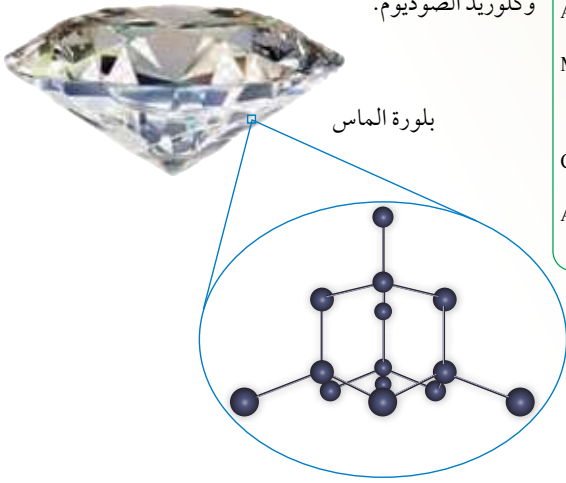
هـ - بنتان

خصائص عامة للمواد الصلبة

General Properties of Solids

تتسم جسيمات المادة في الحالة الصلبة (ذرات، جزيئات، أيونات) بأنها متقاربة جداً وأن قوى التجاذب بينها كبيرة؛ لذلك تترتب في أماكن محددة لا تغادرها وتتحرك في أماكنها حركة اهتزازية. والمادة الصلبة كثافتها عالية، وغير قابلة للانضغاط أو الجريان؛ ما يعني أنها ذات شكل وحجم ثابتين. وعند تسخين المادة الصلبة تهتز جسيماتها على نحو أسرع، ومع زيادة طاقتها الحركية يضعف التجاذب بينها فتتحول المادة إلى الحالة السائلة، وتسمى درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة درجة الانصهار Melting Point.

تترتب جسيمات المواد الصلبة بطريقتين؛ فتكون في الأولى أشكالاً هندسية منتظمة، وتسمى في هذه الحالة مادة صلبة بلورية Crystalline Solid، وأنظر الشكل (18)، ومثال عليها الذهب، والماس، وكلوريد الصوديوم.



الفكرة الرئيسة:

تقسم المواد الصلبة إلى نوعين رئيسين؛ مواد صلبة بلورية ومواد صلبة غير بلورية، وتُصنّف المواد الصلبة البلورية إلى أربعة أنواع رئيسة بحسب خصائصها الفيزيائية.

نتائج التعلم:

- أتعرف خصائص المادة في الحالة الصلبة.
- أصنف المواد الصلبة البلورية إلى أنواعها الرئيسة، وأميز بين صفاتها.

المفاهيم والمصطلحات:

بلورية	Crystalline Solid
صلبة غير بلورية	Amorphous Solid
صلبة جزيئية	Molecular Solid
صلبة شبكية تساهمية	Covalent Network Solid
ظاهرة التأصل	Allotropy

الشكل (18): مادة صلبة بلورية.

الحالة الصلبة
Solid State

تقديم الدرس 1

الفكرة الرئيسة:

أوجه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم أمهد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للمواد الصلبة مثل ثبات الحجم وثبات الشكل، ثم أسألهم عن بعض المواد الصلبة التي درسوها وأنواع الروابط بين ذراتها.

الربط بالمعرفة السابقة:

أكتب على اللوح كلمة (صلب)، ثم أنظم جلسة عصف ذهني، بحيث يذكر الطلبة كل الكلمات والأفكار المرتبطة بها، وأكلف أحد الطلبة بكتابتها على اللوح، وأناقشها معهم لمحاولة الربط بينها. من الكلمات والأفكار التي قد يذكرها الطلبة؛ حجم ثابت، وجسيمات متقاربة/مرتبة، وشكل ثابت، وبلورات، وانصهار، وغيرها.

التدريس 2

المناقشة:

أطرح السؤال الآتي على الطلبة:
- كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية خصائص المواد الصلبة؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أنه جرى تفسير خصائص المواد الصلبة اعتماداً على أن الطاقة الحركية للجسيمات المكوّنة لها منخفضة، وقوى التجاذب أو الروابط بينها قوية، لذلك؛ فإن جسيمات المادة الصلبة متقاربة جداً أو مترابطة ومرتبطة في أماكن محددة لا تغادرها، وهي ذات كثافة عالية وغير قابلة للانضغاط أو الجريان فشكلها وحجمها ثابتين.

تعزيز:

أكلف الطلبة بالعودة إلى لوحة «نظرية الحركة الجزيئية وخصائص المادة» وإدخال المعلومات الخاصة بالحالة الصلبة

حالة المادة	الطاقة الحركية للجسيمات	قوى التجاذب بين الجسيمات	تأثيرها على الخصائص
الحالة الصلبة	منخفضة	كبيرة	قوية تجعل الحجم والشكل ثابتين

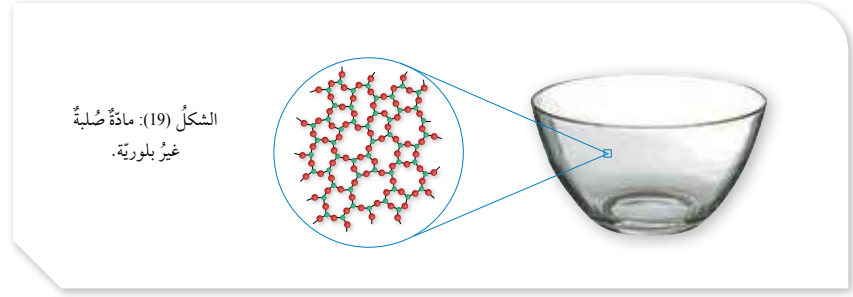
◀ استخدام الصور والأشكال:

- أ طرح السؤال الآتي: ما أنواع المواد الصلبة؟ (بلورية وغير بلورية).

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكلين (18,19)، ثم مناقشتهم؛ للتوصل إلى أن المواد الصلبة تقسم إلى نوعين بلورية؛ أي ذات أشكال هندسية منتظمة، وغير بلورية؛ أي ليس لها أشكال هندسية منتظمة. ثم أ بين للطلبة إلى أنه ستجري دراسة المواد الصلبة البلورية فقط.

◀ قراءة الجداول:

- أ طرح السؤالين الآتيين:
 - ما أنواع المواد الصلبة البلورية؟
 - ما الأساس الذي صنف بناء عليه؟
- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (4)، ثم مناقشتهم للتوصل إلى أن المواد الصلبة البلورية أربعة أنواع على أساس نوع الروابط أو قوى الترابط بين الجسيمات المكونة لها، وهي صلبة جزيئية مكونة من جزيئات (وذرات الغازات النبيلة فقط) تترايط بروابط هيدروجينية أو ثنائية القطب أو قوى لندن، وصلبة أيونية مكونة من أيونات وتترايط بروابط أيونية، وصلبة فلزية مكونة من ذرات الفلزات وروابطها فلزية، وصلبة شبكية تساهمية مكونة من ذرات تترايط في ما بينها بروابط تساهمية.



وتترتب في الثانية عشوائياً (ليس لها شكل هندسي منتظم)، وتسمى مادة صلبة غير بلورية **Amorphous Solid**، كما في الشكل (19)، ومثال عليها البلاستيك، والزجاج، والأسفلت. سأتعرف في هذا الدرس نوع الجسيمات المكونة للمواد الصلبة البلورية ونوع الروابط أو قوى الترابط بينها وخصائصها الفيزيائية.

المواد الصلبة البلورية Crystalline Solids

تتكون المواد الصلبة البلورية من جسيمات، إما أن تكون ذرات أو جزيئات أو أيونات، وقد صُنفت المواد الصلبة البلورية بناءً على نوع الروابط أو قوى التجاذب بينها إلى أربعة أنواع، والجدول (4) يوضح نوع المادة، ونوع الجسيمات المكونة لها، ونوع الروابط بينها، مع أمثلة عليها.

✓ **أتحقق:** ما الفرق بين المواد الصلبة البلورية وغير البلورية؟

الجدول (4): أنواع المواد الصلبة البلورية.

نوع المادة الصلبة	نوع الجسيمات	الروابط أو قوى الترابط	أمثلة على كل نوع
صلبة جزيئية	جزيئات وذرات الغازات النبيلة	قوى لندن، قوى ثنائية القطب، روابط هيدروجينية	$Ne_{(g)}$, $CHCl_3$, I_2 , $H_2O_{(g)}$
صلبة أيونية	أيونات	رابطة أيونية	LiF , $CsCl$, $CuBr_2$
صلبة شبكية تساهمية	ذرات	رابطة تساهمية	الماس SiO_2 , Si , SiC , C
صلبة فلزية	ذرات	رابطة فلزية	Al , Na

✓ **أتحقق:** تترتب جسيمات المادة الصلبة البلورية، بحيث تكون أشكالاً هندسية منتظمة، أما المادة الصلبة غير البلورية فيكون ترتيب الجسيمات فيها عشوائياً؛ أي ليس له شكل هندسي منتظم.

◀ المناقشة:

● أوزع الطلبة في مجموعات وأخبرهم أنهم سيعملون وفق إستراتيجية الطلاقة اللفظية، وأنه يمكن لأفراد كل مجموعة تبادل الأدوار بالإجابة عن الأسئلة المعروضة، والاستماع إلى بعضهم بعضاً مدة 5 دقائق، ثم أ طرح عليهم الأسئلة الآتية:

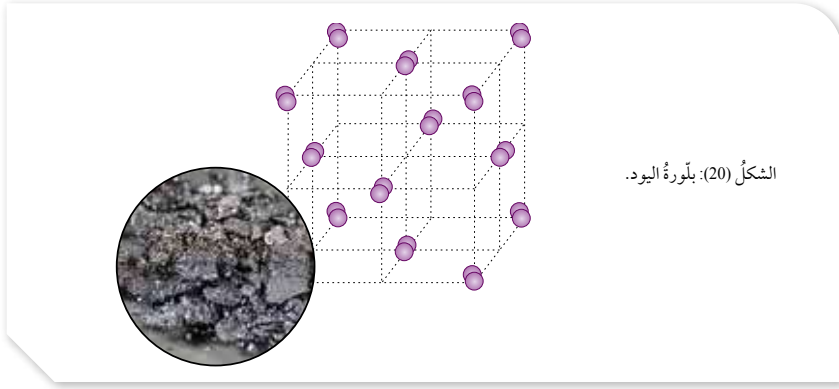
- ما نوع الجسيمات المكوّنة للمادة الصلبة الجزيئية؟
تتكون المواد الصلبة الجزيئية من جزيئات باستثناء الغازات النبيلة في الحالة الصلبة فمن ذرات.
- ما الخصائص العامة المشتركة للمواد الصلبة الجزيئية؟ وما تفسيرها؟

هشة، وبشكل عام؛ درجة انصهارها منخفضة مع تفاوتها في ذلك، وذلك لأن قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة، فهي؛ إما قوى لندن، أو ثنائية القطب، أو روابط هيدروجينية، وغير موصلة للتيار الكهربائي في حالة الصلابة وعند صهرها؛ لأنها تتكون من جزيئات متعادلة الشحنة.

● أتابع عمل المجموعات وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أدير نقاشاً بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

◀ استخدام الصور والأشكال:

● أوجه الطلبة إلى دراسة الشكلين (20, 21) والمقارنة بين بلورة اليود وبلورة الجليد، وملاحظة اختلاف طريقة ترتيب الجزيئات في البلورة وأن لكل منها شكلاً هندسياً منتظماً.

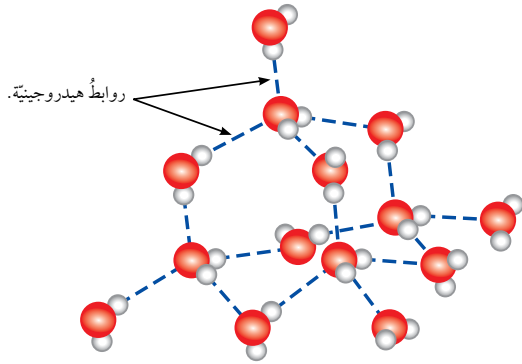


الشكل (20): بلورة اليود.

المواد الصلبة الجزيئية Molecular Solids

الجسيمات المكوّنة للمواد الصلبة الجزيئية Molecular Solids هي ذرات أو جزيئات ترتبط مع بعضها بقوى تجاذب ضعيفة نسبياً؛ لذلك فإنها تشترك في صفات عدّة، منها أنها مواد هشة ذات درجات انصهار منخفضة، كما أنها غير موصلة للتيار الكهربائي؛ ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات المكوّنة لها متعادلة الشحنة ترتبط مع بعضها بقوى تجاذب ضعيفة؛ فمثلاً، بلورة اليود تتكوّن من جزيئات اليود I_2 المتعادلة التي ترتبط بقوى لندن الضعيفة؛ لذلك فإن درجة انصهاره منخفضة، كما أن بلوراته هشة غير موصلة للتيار الكهربائي. أنظر الشكل (20).

وينطبق ذلك على الجليد أيضاً، الذي ترتبط جزيئاته بروابط هيدروجينية؛ حيث يرتبط كل جزيء من الماء بأربعة جزيئات أخرى، ويكون كل جزيء في البلورة مركزاً الرباعي الأوجه منتظماً، كما في الشكل (21).



الشكل (21): بلورة الجليد.

92

◀ تعزيز:

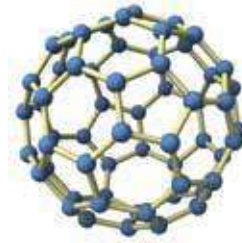
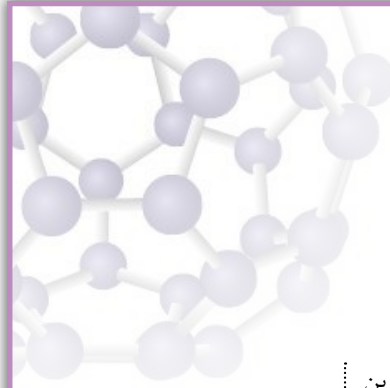
أبين للطلبة أن درجة الانصهار ودرجة التجمد لها نفس القيمة للمادة نفسها.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (22, 23)، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:
 - ما الجسيمات المكوّنة لمادة بكمنسترفولرين؟
 - كيف تترتب الذرات في الجزيء الواحد؟
 - ما نوع الروابط بينها؟

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن مادة بكمنسترفولرين مكوّنة من جزيئات صيغتها C_{60} ؛ تترابط ذرات الكربون فيها بروابط تساهمية مشكّلة حلقات خماسية وسداسية مترابطة في ما بينها، بحيث تشبه الكرة، وتسمى كرات باكي؛ تترابط هذه الجزيئات (الكرات) في ما بينها بقوى لندن وتترتب هذه الكرات، بحيث تكون بلّورات إبريّة الشكل.

- ✓ **أتحقّق:** نوع الروابط بين ذرات الكربون داخل الجزيء الواحد من C_{60} روابط تساهمية، أما قوى التجاذب بين الجزيئات المكوّنة لبكمنسترفولرين فهي قوى لندن.



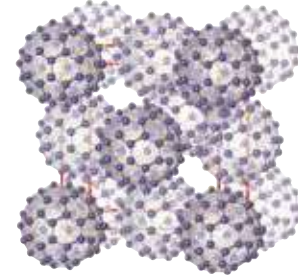
الشكل (22): جُزَيءٌ واحدٌ من كُرّات باكي C_{60} .

ويكوّن الكربونُ مادةً صلبةً جُزيئيّةً تُسمّى بكمنسترفولرين Buckminsterfullerene أو كُرّات باكي، اكتُشِفَت عام 1985، تتكوّن من جُزيئاتٍ كرويّة الشكل مجوّفةٍ صيغتها الجُزيئيّة C_{60} ؛ إذ تترابطُ ذرّات الكربون داخلَ الجزيء الواحد (الكرة الواحدة) بروابطٍ تساهميّةٍ بحيثُ ترتبطُ كلُّ ذرّة كربون بثلاث ذرّاتٍ أخرى مكوّنةً حلقاتٍ خماسيّةٍ وسداسيّةٍ مرتبطةً مع بعضها بعضاً تشبهُ كرة القدم. أنظر الشكل (22).

وتترابطُ الجُزيئاتُ (الكرّات) مع بعضها بقوى لندن الضعيفة، أنظر الشكل (23)، مكوّنةً بلّوراتٍ إبريّة الشكل سوداء اللون تُسمّى بكمنسترفولرين. وتتميّزُ بلّوراتُ بكمنسترفولرين بأنّها غيرُ موصلةٍ للتيار الكهربائيّ؛ لأنّها تتكوّنُ من جُزيئاتٍ متعادلة.

✓ **أتحقّق:** ما نوع الروابط بين ذرات الكربون داخل الجزيء الواحد من بكمنسترفولرين؟ وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟

الشكل (23): بلّورةُ بكمنسترفولرين.



معلومة إضافية

- اسم بكمنسترفولرين جاء لتكريم ريتشارد بكمنستر فولر، وهو مصمم معماري أمريكي أسهم في تطوير استخدام ما يسمى القبة الجيوديسية التي تشبه كرات باكي عام 1967؛ أي قبل اكتشاف مادة بكمنسترفولرين.
- الصورة قبةٌ لمتحف في كندا.



المناقشة:

- أذكر الطلبة عن طريق المناقشة بما درسوه عن الرابطة الأيونية والمركبات الأيونية وخصائصها، وأوضح لهم أن هذه المركبات توجد على شكل بلورات صلبة مثل بلورة أكسيد الكالسيوم.

استخدام الصور والأشكال:

- أوزع الطلبة في ثلاث مجموعات وأستخدم إستراتيجية التفكير الناقد؛ لاثارة تفكير الطلبة لتفسير خصائص المواد الصلبة الأيونية.
- أحث الطلبة في كل مجموعة إلى المشاركة جميعهم في الإجابة عن السؤال.
- أوجه الطلبة في المجموعة الأولى إلى تأمل الشكل (24)، واستخدامه لتفسير صلابة المركبات الأيونية وارتفاع درجة انصهارها.
- أوجه الطلبة في المجموعة الثانية إلى دراسة الشكل (25)، واستخدامه لتفسير هشاشة المركبات الأيونية رغم صلابتها.
- أوجه الطلبة في المجموعة الثالثة إلى دراسة الشكل (26)، واستخدامه لتفسير توصيل محاليل ومصاهير المركبات الأيونية للتيار الكهربائي.
- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أدير نقاشاً بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

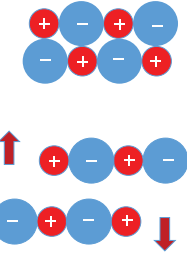
المواد الصلبة الأيونية Ionic Solids

تتكوّن جسيمات المواد الأيونية من أيونات موجبة وسالبة تتجاذب وتترابط برابطة أيونية، من الأمثلة عليها كلوريد البوتاسيوم KCl وأكسيد الكالسيوم CaO، ويوضّح الشكل (24) بلورة أكسيد الكالسيوم.



الشكل (24): بلورة أكسيد الكالسيوم.

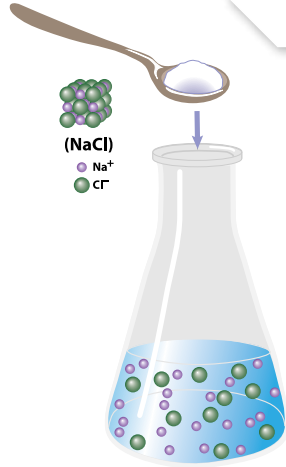
تعدّ الرابطة الأيونية رابطة قوية؛ لذلك فإنّ المواد الصلبة الأيونية Ionic Solids شديدة الصلابة ودرجات انصهارها مرتفعة؛ فمثلاً، درجة انصهار كلوريد البوتاسيوم 770°C ، ودرجة انصهار أكسيد الكالسيوم 2572°C ، أما سبب ارتفاع درجة انصهار أكسيد الكالسيوم مقارنةً بكلوريد البوتاسيوم فيرجع إلى أنّ شحنة كل من أيوني الكالسيوم والأكسجين $(2+, 2-)$ ، وهي أكبر من شحنة كل من أيوني البوتاسيوم والكلور التي تساوي $(1+, 1-)$ ؛ لذلك فإنّ قوة التجاذب بين أيوني الكالسيوم والأكسجين أكبر والرابطة الأيونية بينهما أقوى.



الشكل (25): تحطّم بلورة المادة الأيونية نتيجة تعرّضها للطرق.

ورغم شدة صلابة المواد الأيونية فإنّها هشة، وإذا تعرّضت البلورات للطرق فإنّ أيوناتها تتحرّك (تنزلق) بالنسبة إلى بعضها بعضاً بحيث تتقارب الأيونات المتشابهة في الشحنة فتتنافر، وهو ما يؤدي إلى تحطّم البلورة، كما يبيّن الشكل (25).

لا توصل المواد الصلبة الأيونية التيار الكهربائي؛ لأنّ أيوناتها مرتبطة برابطة أيونية قوية؛ أي أنّها غير حرة الحركة، أمّا عند صهرها أو إذابتها في الماء فإنّ أيوناتها تصبح حرة الحركة، كما يظهر في الشكل (26)؛ لذلك توصل محاليلها ومصاهيرها التيار الكهربائي.



الشكل (26): محلول NaCl

✓ **أتحقّق:** أفسّر: درجة انصهار LiCl أقل من درجة انصهار MgO.

94

نمذجة بلورة كلوريد الصوديوم

طريقة أخرى للتدريس

- أوزع الطلبة في ست مجموعات غير متجانسة، ثم أكلّف ثلاث مجموعات ببناء بلورة لكلوريد الصوديوم باستخدام كرات ووصلات، بالاستعانة بصورة واضحة للبلورة.
- وأكلّف ثلاث مجموعات بتفحص عينات من ملح الطعام باستخدام عدسة مكبرة.
- أدمج المجموعات، بحيث تصبح ثلاثة؛ يتبادل الفريقين في كل مجموعة المعلومات، ويقارنون بين صورة البلورة والنموذج الذي تم بناؤه وشكل البلورات باستخدام العدسة المكبرة.

✓ **أتحقّق:** شحنة أيوني الليثيوم والكلور في LiCl هي $(1-, 1+)$ ؛ أقل من شحنة أيوني المغنيسيوم والأكسجين في MgO هي $(2-, 2+)$ ، لذلك؛ فإن قوة التجاذب بين أيونات Li^+ و Cl^- في بلورة المركب أقل، لذلك؛ فدرجة انصهاره أقل.

(1+,1-)

إجابة للمعلم / للمعلمة

تعدّ طاقة الشبكة البلورية مقياساً لقوة الرابطة الأيونية، وتعرف بأنها الطاقة الناتجة عن تكوّن مول واحد من بلورات المركب الأيوني من الأيونات المكونة له، وهي في الحالة الغازية. فمثلاً؛ طاقة الشبكة البلورية لـ $\text{MgO} = (-3760 \text{ KJ/mol})$ ، بينما طاقة الشبكة البلورية لـ $\text{LiCl} = (-861.3 \text{ KJ/mol})$ ؛ إذ تدل الإشارة السالبة أن الطاقة ناتجة، ويلاحظ أن الرابطة الأيونية في أكسيد المغنيسيوم أقوى منها في كلوريد الليثيوم.

94

استخدام الصور والأشكال:

● أوزع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، ثم أوجههم لدراسة الأشكال (27، 28)، وأستخدم إستراتيجية الرؤوس المرقمة؛ إذ يعطى كل فرد في المجموعة رقم وذلك لجميع المجموعات وعند المناقشة يجري اختيار أحد الأرقام ويقوم أصحاب الرقم من المجموعات جميعها بالإجابة بالتتابع.

● أكلف كل مجموعة بدراسة أحد المواد الصلبة الشبكية التساهمية: الماس، والجرافيت، والكوارتز من خلال الإجابة عن الأسئلة الآتية:

- ما نوع الجسيمات المكونة للمواد الصلبة الشبكية التساهمية؟

- كيف تترابط الجسيمات في بلورة كل مادة؟

- ما الترتيب الفراغي الذي تشكله؟

- ما الخصائص العامة لكل مادة؟ وما استخداماتها؟

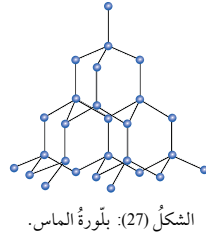
● بعد انتهاء الوقت المحدد، يتم اختيار أحد الأرقام ليشترك أصحاب الرقم في المناقشة ممثلين لمجموعاتهم للتوصل إلى؛ أن المواد الصلبة الشبكية التساهمية تتكون من ذرات تترابط بروابط تساهمية مشكّلة بناءً شبكياً صلباً (وليس جزيئات)، وأن لكل مادة بناءً محدد؛ فالماس يتكون من ذرات الكربون، تترابط كل ذرة فيه بأربع ذرات أخرى بروابط تساهمية أحادية في بناء شبكي صلب تكون فيه كل ذرة كربون مركزاً لرباعي الأوجه منتظم، والماس غير موصل للتيار الكهربائي وشديد القساوة، أما الجرافيت فترتبط كل ذرة كربون فيه بثلاث ذرات أخرى مشكلة حلقات سداسية تشكل مع بعضها بعضاً طبقات رقيقة تترابط في ما بينها بقوى لندن الضعيفة، تحتوي كل حلقة سداسية على 3 روابط π تشكل الإلكترونات المشاركة فيها ما يشبه السحابة بين الطبقات، لذلك يتميز الجرافيت بأنه موصل جيد للتيار الكهربائي.

المواد الصلبة الشبكية التساهمية Covalent Network Solids

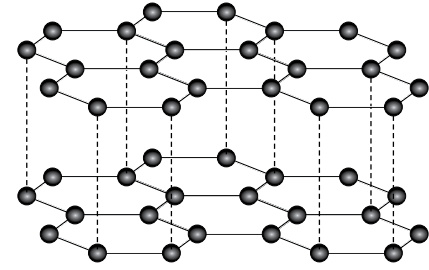
جسيمات المواد الصلبة الشبكية التساهمية Covalent Network Solids

ذرات تترابط في ما بينها بروابط تساهمية في بناء شبكي صلب، مثل الماس، الذي يتكوّن من ذرات الكربون؛ حيث ترتبط كل ذرة كربون بأربع روابط تساهمية مع أربع ذرات كربون أخرى، وتكون كل ذرة مركزاً لرباعي الأوجه منتظم، كما يظهر في الشكل (27)، الذي يوضّح التركيب الشبكي لبلورة الماس. والماس عالي القساوة ودرجة انصهاره مرتفعة، كما أنه غير موصل للتيار الكهربائي؛ نظراً إلى أن إلكتروناته مقيّدة غير حرّة الحركة، وهو يعدّ أكثر المواد الطبيعية قساوة؛ لذا يُستخدم في صناعة أدوات القطع والقصّ، كرؤوس حفارات آبار البترول.

وهناك شكل آخر من البلورات يتكوّن من الكربون، هو الجرافيت؛ حيث ترتبط كل ذرة كربون بثلاث ذرات كربون أخرى بحيث تشكل حلقات سداسية الشكل، وتشكّل هذه الحلقات مع بعضها طبقات رقيقة، كما يظهر في الشكل (28)، تترابط مع بعضها بقوى لندن الضعيفة، وهذا الترابط الضعيف يجعل الجرافيت مادة هشة، ويسهل انزلاق الطبقات المكوّنة له فوق بعضها بعضاً؛ لذا يُستخدم في صناعة أقلام الرصاص. ونظراً إلى وجود 3 روابط π بين ذرات الكربون المشكّلة لكل حلقة فإن الإلكترونات المشاركة فيها تشكل ما يشبه السحابة بين الطبقات؛ ما يجعل الجرافيت موصلاً للتيار الكهربائي، وهو بذلك يشدّ في خصائصه عن خصائص المركبات الشبكية التساهمية على نحو عام.



الشكل (27): بلورة الماس.



الشكل (28): رسم تخطيطي للطبقات المكوّنة للجرافيت.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: التعلم المستمر

أبّين للطلبة أن سعيهم المستمر لتعلم مهارات جديدة، وتعزيز المهارات الموجودة لديهم أثناء تعلمهم يساعدهم على التكيف مع مُتغيّرات الحياة، ومستقبلاً؛ يساعدهم مهنيّاً في مواكبة التطورات الجديدة في أداء الأعمال، ويرفع من مستوى أدائهم، ويزيد من الفرص المتاحة أمامهم.

استخدام الصور والأشكال:

• أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (29) بالطريقة السابقة نفسها والإجابة عن الأسئلة للتوصل إلى خصائص الكوارتز.

• بعد انتهاء الوقت المحدد؛ يجري اختيار أحد الأرقام ليشارك أصحاب الرقم من كل مجموعة في المناقشة ممثلين لمجموعاتهم والتوصل لمكونات الكوارتز وخصائصه.

• أُلخِّص ما توصلت إليه المجموعات من دراسة الأشكال الثلاث بأن المواد الصلبة الشبكية التساهمية هي مواد شديدة القساوة وأقساها الماس، ودرجات انصهارها مرتفعة نظراً لقوة الروابط التساهمية بين ذراتها، وهي غير موصلة للتيار الكهربائي في حالتها الصلبة والسيولة، ويشدّ الغرافيت في خصائصه عنها؛ إذ أنه هش وموصل للتيار الكهربائي بسبب وجود الروابط π .

بناء المفهوم:

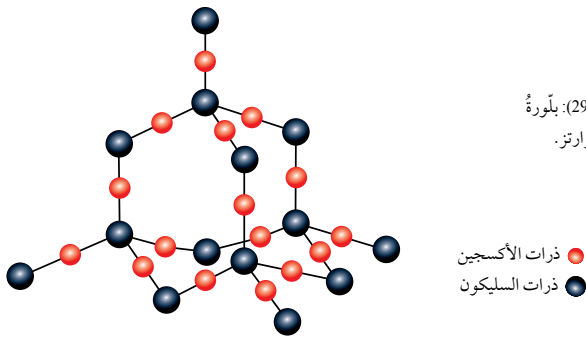
ظاهرة التآصل

- أطرِح السؤال الآتي:
- ما المواد الصلبة البلورية المكوّنة من ذرات الكربون التي تمت دراستها؟
- بكمنستر فولرين، الماس، الغرافيت.
- هل تشابه هذه المواد في أشكالها البلورية؟ لا.
- أبين للطلبة أن وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر نفسه في الحالة الفيزيائية نفسها تسمى ظاهرة التآصل.

✓ **أتحقّق:** لوجود ثلاث روابط π بين ذرات الكربون المكوّنة لكل حلقة في الطبقات المشكّلة للغرافيت، تشكل الإلكترونات المشاركة في تكوين هذه الروابط ما يشبه السحابة بين الطبقات، مما يجعل الغرافيت موصلًا للكهرباء.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (ظاهرة التآصل وأمثلة عليه). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



الشكل (29): بلورة الكوارتز.

• ذرات الأكسجين
• ذرات السليكون

تُسمّى ظاهرة وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها **ظاهرة التآصل Allotropy**، ويُسمّى كلٌّ من الماس والغرافيت وبكمنستر فولرين متآصلات.

ويُعَدُّ الكوارتز SiO_2 أيضًا مثالاً آخر على المواد الصلبة الشبكية التساهمية، وتشبه بلورته بلورة الماس، كما يظهر في الشكل (29)؛ حيث ترتبط كلُّ ذرة سليكون بأربع ذرات أكسجين. والكوارتز أيضًا شديد القساوة، ولكنه أقلُّ قساوة من الماس.

وتميّز المواد الصلبة الشبكية التساهمية بالقساوة ودرجات انصهار مرتفعة؛ نظرًا إلى قوة الروابط التساهمية التي تربط بين ذراتها، وهي غير موصلة للتيار الكهربائي في حالتها الصلبة والسيولة على نحو عام.

✓ **أتحقّق:** أفسّر: الغرافيت موصل جيّد للكهرباء.

✓ **أبحث:** تمكّن العلماء عام 2004 م من الحصول على طبقة واحدة من الغرافيت سُمّيت غرافين Graphene. مستعينًا بالكلمات المفتاحية (غرافين) أو (خصائص الغرافين)، أبحث في خصائص الغرافين واستخداماته، وأكتب تقريرًا بذلك (أو عرضًا تقديميًا)، بإشراف معلّمي/ معلّمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصف.

96

متآصلات الكربون

طريقة أخرى للتدريس

• أكلف الطلبة بعمل لوحة بعنوان «متآصلات الكربون» وادخال المعلومات الخاصة بكل منها.

المادة	نوع المادة الصلبة	الجسيمات المكوّنة	قوى التجاذب بين الجسيمات	بعض الخصائص
الماس				
الغرافيت				
بكمنستر فولرين				

أبحث:

• أوجه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن خصائص الغرافين واستخداماته وإعداد تقريرًا بذلك أو عرضًا تقديميًا وأحدد موعدًا لمناقشته ومشاركته جميع الطلبة في الصف.



● أوزع الطلبة في مجموعات وأوجههم لاستخدام إستراتيجية (اثن ومرر داخل المجموعة)، ثم أطلب إليهم قراءة بند الربط بالفيزياء- السيراميك فائق التوصيل وأناقشهم في نوع المادة الصلبة التي يكونها السيراميك والخصائص العامة له.

● أوجه للطلبة الأسئلة الآتية:

- متى اكتشف السيراميك فائق التوصيل؟ 1984.
- ماذا يقصد بالتوصيل الفائق؟ إجابة محتملة: اختفاء المقاومة الكهربائية كلياً من بعض المواد عند تبريدها لدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق (-273°C).
- ما التغيير الذي يحدث للسلوك المغناطيسي للمادة فائقة التوصيل؟ إجابة محتملة: عندما تتعرض الموصلات فائقة التوصيل إلى مجال مغناطيسي خارجي فإنها تطرد المجال المغناطيسي من داخلها فتبقى طاقة فوق المغناطيس.

- ماذا تسمى هذه الظاهرة؟ الرفع المغناطيسي.
- ما المشكلة التي تواجه الاستفادة من المواد فائقة التوصيل؟

هناك العديد من التطبيقات المهمة لهذه المواد، ما يجد منها أنها تكتسب هذه الخصائص على درجات حرارة منخفضة جداً، ما يسعى إليه العلماء هو الوصول إلى مواد فائقة التوصيل على درجات الحرارة العادية.

● بعد انتهاء الوقت المحدد تقوم كل مجموعة بعرض النتائج التي توصلت إليها، ثم مناقشة المجموعات للتوصل إلى فهم أهمية هذا الاكتشاف، وأخبرهم أن من تطبيقاته القطار فائق السرعة في اليابان، والصين، وغيرها.

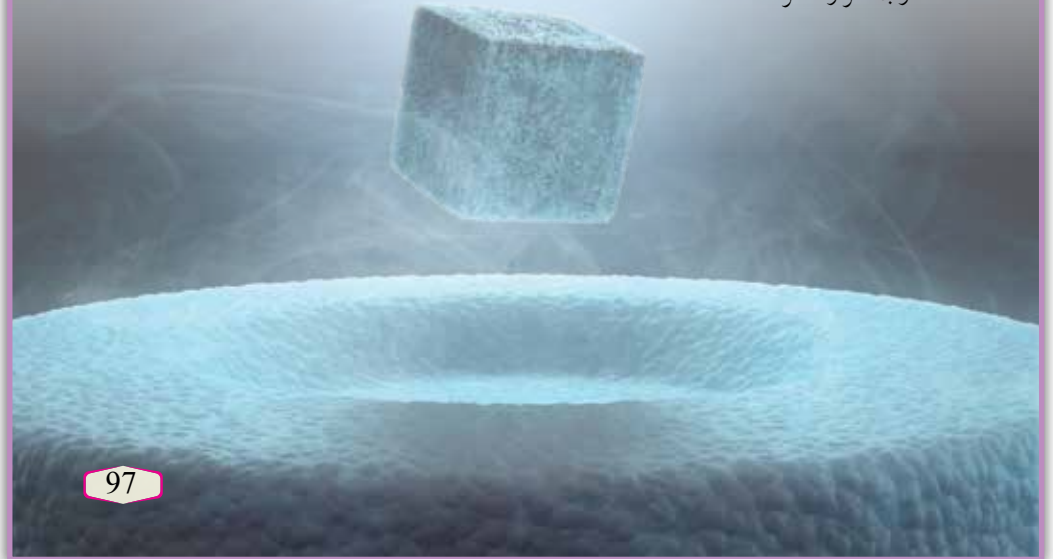
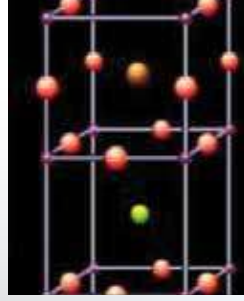


السيراميك فائق التوصيل Super Conducting Ceramic

السيراميك مادة صلبة قد تكون بلورية شبيكة تساهمية أو أيونية أو تجمع الاثنين معاً، وقد تكون غير بلورية. وهو شديد الصلابة، لكنّه هشّ، وكثافته أقل من المعادن، كما أنه ثابت على درجات الحرارة العالية ولا يتشوّه بسهولة تحت تأثير الضغط.

اكتشف الباحثان J.G.Bednorz و K.A.Muller التوصيل الفائق للسيراميك عام 1986، وقد منحوا مقابل ذلك جائزة نوبل في الفيزياء. والتوصيل الفائق هو اختفاء المقاومة الكهربائية كلياً في بعض المواد عند تبريدها لدرجة حرارة منخفضة جداً قريبة من الصفر المطلق.

هناك خاصية أخرى للمواد فائقة التوصيل مرتبطة بسلوك المادة المغناطيسي؛ حيث تطرد الموصلات الفائقة المجال المغناطيسي من داخلها عندما تتعرض لمجال مغناطيسي خارجي، فيبقى الموصل طافياً فوق المغناطيس، وتسمى هذه الظاهرة الرفع المغناطيسي Meissner effect. وللمواد فائقة التوصيل تطبيقات عديدة ومتنوعة واعدة، ولكن العلماء يؤمنون أن يصلوا إلى مواد فائقة التوصيل على درجة حرارة الغرفة.



97

ورقة العمل (4)

أستخدم إستراتيجية العمل التعاوني وأوزع الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدهم بورقة العمل (4) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل وأحدد لهم 10 min، ثم أوجه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأدير نقاشاً مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أحضر الجدول الدوري وأطلب إلى الطلبة تحديد العناصر الفلزية عليه. وأخبرهم أن ذرات الفلزات هي الجسيمات المكوّنة للمادة الصلبة الفلزية، وأوجههم لتأمل الشكلين (31,30).

أطرح عليهم السؤال الآتي:

- ما نوع الرابطة بين ذرات الفلز؟ رابطة فلزية

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (32) وأطرح عليهم السؤال الآتي: كيف تتكون الرابطة الفلزية؟ وأناقشهم فيه للتوصل إلى أن انخفاض طاقة التآين للفلزات وضعف ارتباط إلكترونات المستوى الخارجي مع النواة يجعل بلورة الفلز تبدو مثل صفوف من الأيونات الموجبة في بحر من الإلكترونات السالبة حرة الحركة، قوة التجاذب بينهما هي الرابطة الفلزية.

المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي:
 - ما الخصائص العامة للمواد الصلبة الفلزية؟
 - إجابة محتملة: صلبة ودرجات انصهارها مرتفعة، موصلة للتيار الكهربائي في حالتها الصلبة والسيولة، وقابلة للطرق والسحب.
 - أفسر ارتفاع درجة إنصهار المغنيسيوم مقارنة بدرجة إنصهار الصوديوم.
 - إجابة محتملة: لأن عدد إلكترونات التكافؤ في المغنيسيوم أكبر من عددها في الصوديوم وكذلك شحنة نواة المغنيسيوم أكبر لذلك قوة جذبها للإلكترونات أكبر وبالتالي درجة إنصهارها أكبر.

نشاط سريع

- أفسم الطلبة في مجموعات، وأستخدم إستراتيجية (اثن وممر) داخل المجموعة، بحيث يكتب الطالب إجابة ويمرر لزميله وهكذا، وأعرض عينات لأربع مواد بالتتابع: ملح الطعام، غرافيت (قلب قلم رصاص)، ورق ألنيوم، بلورات سكر كبيرة.
- أطلب من الطلبة تحديد نوع المادة الصلبة البلورية، ونوع الجسيمات المكونة لها، ونوع الروابط بينها، وبعض خصائص المادة، وتنظيم الاجابة في جدول وتسليمه للمعلم/ للمعلمة.

المواد الصلبة الفلزية Metallic Solid

ذرات الفلزات هي الجسيمات التي تكوّن المواد الصلبة الفلزية Metallic Solids، أنظر الشكلين (30، 31)، وتشترك بمجموعة من الصفات، منها: درجات انصهارها مرتفعة على نحو عام، وموصلة للتيار الكهربائي، وقابلة للطرق والسحب، ويرجع السبب في هذه الصفات إلى الرابطة الفلزية بين ذراتها. وبسبب طاقة التآين المنخفضة للفلزات فإن إلكترونات المستوى الخارجي فيها ضعيفة الارتباط بالأنوية؛ لذلك تكون حرة الحركة، ويمكن تخيل البلورة كأنها صفوف من الأيونات الموجبة مغمورة في بحر من الإلكترونات السالبة حرة الحركة، كما يوضّح الشكل (32)، وهي قابلة للطرق والسحب؛ لأنّ الضغط على صفوف الأيونات الموجبة بالطرق يجعلها تنزلق مبتعدة عن بعضها، ولكنها تبقى مترابطة بفعل تجاذبها مع الإلكترونات الحرة، ومن ثمّ يمكن تشكيلها صفائح أو أسلاكاً أو قضباناً، أمّا قدرتها على إيصال التيار الكهربائي فراجعة لبحر الإلكترونات السالبة حرة الحركة في البلورة، وسبب صلابتها ودرجات انصهارها المرتفعة عائد إلى قوة التجاذب الناشئة بين بحر الإلكترونات حرة الحركة والأيونات الموجبة المحيطة بها. وعند مقارنة درجة انصهار كل من عنصري الصوديوم والمغنيسيوم نجد أنّ درجة انصهار الصوديوم Na تساوي 98 °C ودرجة انصهار المغنيسيوم Mg تساوي 650 °C، وهو ما يدلّ على أن الرابطة الفلزية في المغنيسيوم أقوى منها في الصوديوم؛ لأنّ عدد إلكترونات التكافؤ في المغنيسيوم (2) مقارنةً بالصوديوم، الذي عدد إلكترونات تكافئه (1)، وكذلك فإنّ شحنة نواة ذرة المغنيسيوم أكبر منها لذرة الصوديوم، ومن ثمّ فإنّ قوى التجاذب بين أنوية ذرات المغنيسيوم والإلكترونات حرة الحركة في بلورة المغنيسيوم أكبر منها في الصوديوم.

✓ **أتحقّق:**

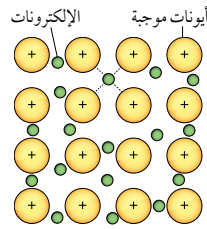
أفسر قابلية المواد الصلبة الفلزية للطرق والسحب.



الشكل (30): بلورة النيكل.



الشكل (31): بلورة الذهب.



الشكل (32): الرابطة الفلزية، وتظهر صفوف الأيونات الموجبة في بحر الإلكترونات السالبة.

✓ **أتحقّق:** وذلك بسبب طبيعة الرابطة الفلزية؛ إذ أن الضغط على صفوف الأيونات الموجبة يجعلها تنزلق مبتعدة عن بعضها بعضاً، ولكنها تبقى مترابطة بفعل تجاذبها مع بحر الإلكترونات حرة الحركة المحيطة بها.

إهداء للمعلم / للمعلمة

تعدّ طاقة تحرير الذرات مقياساً لقوة الرابطة الفلزية، وتعرف بأنها الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد من ذرات الفلز من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية. فمثلاً؛ طاقة تحرير الذرات للمغنيسيوم = (128 KJ/mol)، بينما طاقة تحرير الذرات للصوديوم = (97 KJ/mol)، مما يدل على أن الرابطة الفلزية بين ذرات المغنيسيوم أقوى منها بين ذرات الصوديوم.



- أوجه الطلبة إلى قراءة بند الربط بالطب؛ للتوصل إلى تركيب نوع جديد من السبائك الفلزية المستخدمة في عمل الدعامات القلبية والخصائص المميزة لها لتكون ملائمة حيويًا.

مراجعة الدرس

1 مادة صلبة جزيئية، مادة صلبة شبكية تساهمية ، مادة صلبة أيونية، مادة صلبة فلزية.

2 المادة الصلبة البلورية: مادة صلبة تترتب جسيماتها مكونة أشكال هندسية منتظمة.

المادة الصلبة غير البلورية: مادة صلبة تترتب جسيماتها بشكل عشوائي ولا تكون أشكال هندسية منتظمة.

ظاهرة التآصل: وجود أكثر من شكل بلوري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها.

3 لأن جسيماتها متقاربة جدًا وقوى التجاذب بينها كبيرة لذلك تترتب في أماكن محددة وثابتة لا تغادرها.

4 المادة الصلبة الأيونية: رابطة أيونية.

المادة الصلبة الجزيئية: الرابطة الهيدروجينية، قوى ثنائية القطب، قوى لندن.

المادة الصلبة الفلزية: الرابطة الفلزية.

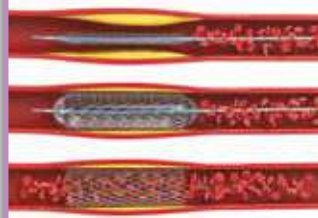
المادة الصلبة الشبكية التساهمية: الرابطة التساهمية.

5 NH₃: مادة صلبة جزيئية.

SiC: مادة صلبة شبكية تساهمية.

Ni: مادة صلبة فلزية.

KI: مادة صلبة أيونية.



الدعامات القلبية المستخدمة لفتح الشرايين.

تمكّن فريق من الباحثين من تطوير جيل جديد من السبائك الفلزية للأغراض الطبية مخصصة لعمل الدعامات القلبية. والسبيكة المبتكرة مصنوعة من التيتانيوم Ti، مضاف إليه فلز التنتاليوم Ta بنسبة 6% والنيوبيوم Nb بنسبة 17%، وهي تمتاز بمرونة فائقة وقوة كبيرة، كما أنها خالية من العناصر السامة أو تلك التي تُسبب التهابات عصبية أو حساسية. وتصميم دعامات الشرايين الجديد متوازن؛ يعتمد على الهندسة النانوية، ويجمع بين انخفاض التكلفة والملاءمة الحيوية العالية.

مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: أضح الأنواع الرئيسة للمواد الصلبة البلورية.

2 - أضح المقصود بكل مما يأتي:

• المادة الصلبة البلورية. • المادة الصلبة غير البلورية. • ظاهرة التآصل.

3 - أفسر: المواد الصلبة غير قابلة للانضغاط أو الجريان.

4 - أحدد نوع الروابط التي تُكسر عند انصهار كل من المواد الصلبة البلورية الآتية:

- المادة الصلبة الأيونية

- المادة الصلبة الفلزية

- المادة الصلبة الجزيئية

5 - أحدد نوع المادة الصلبة البلورية لكل مما يأتي: KI · Ni · SiC · NH₃

6 - أصنف المواد الصلبة الآتية حسب نوعها: مادة صلبة جزيئية، مادة صلبة أيونية، مادة صلبة فلزية، مادة صلبة شبكية تساهمية.

أ - مادة صلبة غير موصلة للكهرباء تنصهر على درجة حرارة 650 °C ومصهورها موصل للكهرباء.

ب - مادة صلبة صفراء اللون براقّة موصلة للكهرباء.

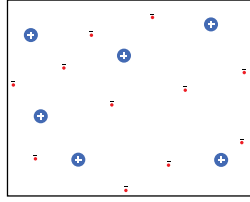
ج - مادة صلبة الصلابة درجة انصهارها 2730 °C غير موصلة للكهرباء عند صهرها.

د - مادة صلبة هشة صفراء اللون ذات رائحة مميزة تنصهر على درجة حرارة 119 °C.

رمز الفقرة	أ	ب	ج	د
نوع المادة الصلبة البلورية	أيونية	فلزية	شبكية تساهمية	جزيئية

الحالة الرابعة للمادة Plasma

البلازما Plasma أو الغازات المتأينة خليطٌ غازيٌّ مكوّنٌ من الإلكترونات حرّة الحركة والأيونات الموجبة الناتجة بعد انفصال الإلكترونات عن الذرة. وتتكوّن البلازما نتيجة درجات الحرارة التي تزيد على عدّة آلاف درجة سلسيوس، وتوجد طبيعياً في الشمس والنجوم والمجرات والسُدُم، كما تتكوّن بفعل الصّوء عند حدوث البرق؛ حيث تتأينُ جزيئاتُ الهواء، وكذلك يمكنُ تحضيرها صناعياً. تشبه البلازما في خصائصها الغازات؛ إذ ليس لها حجمٌ أو شكلٌ ثابتان، ولكن قوى التجاذب الكبيرة بين مكوّناتها تكسبها خصائصَ غير متوقّعة، مثل توصيل التيار الكهربائي، وهذا المزيج من الخصائص هو ما جعلها تُصنّف حالةً رابعة للمادة.



مكوّنات البلازما

وللبلازما العديد من الاستخدامات التكنولوجية الحديثة، منها محوّل النفايات البلازمية Plasma Waste Converter، الذي يتعامل مع معظم مخلفات المواد بما فيها المواد الخطرة، حيث تعمل الطاقة المخترنة في البلازما على كسر الروابط بين جزيئات مواد النفايات فتتفكك إلى العناصر المكوّنة لها، وتقسّم النواتج النهائية في هذا المحوّل إلى نوعين؛ ناتج غازي غنيّ بغاز الهيدروجين يُسمّى Syngas، وناتج صلب يُسمّى Slag، ويعتمد نوع الناتج النهائي على نوع النفايات المدخلة، فالنفايات العضوية تخرج على شكل ناتج غازي، أمّا النفايات غير العضوية فتخرج على شكل ناتج صلب Slag، ويختلف شكل الناتج الصلب باختلاف طريقة تبريده، ويستفاد من غاز الهيدروجين الناتج بوصفه مصدراً للطاقة (وقود للمركبات)، وتُستخدَم الغازات الساخنة الأخرى لتوليد الطاقة الكهربائية، أمّا الناتج الصلب فيُستخدَم في صناعة الكونكريت (الإسمنت) والأسفلت. ولمحوّل النفايات البلازمية فوائد عديدة مقارنةً بالطرائق التقليدية لمعالجة النفايات؛ فهو لا يحتاج إلى أراضٍ لطمير النفايات، كما أنّ كمية غازات الدفينة وملوثات الهواء الناتجة منه أقل منها في المكبات الخاصة بحرق النفايات، ورغم هذه الفوائد فإنّ محطات معالجة النفايات باستخدام البلازما محدودة العدد؛ نظراً إلى كلفة إنشائها المادية الكبيرة.



محوّل النفايات البلازمية.

إليها، ويقوم الطلبة بعمل جولة بoster ومناقشة الإجابات.

- أطرح السؤال الختامي: ما معيقات تطبيق هذه الطريقة للتخلص من النفايات؟ كلفة إنشائها وكلفة تحضير البلازما العالية.

الحالة الرابعة للمادة

Plasma

- أبتن للطلبة أن هناك حالة رابعة للمادة تسمى البلازما، وستتعرف كيفية تكوّنها وخصائصها وبعض التطبيقات المرتبطة بها.
- أوزع الطلبة في مجموعات، ثم باستخدام استراتيجية التعلم التعاوني، أوجههم لقراءة بند الإثراء والتوسع، وإجابة الأسئلة الآتية، وأزودهم بلوحة لاستخدامها لعرض إجاباتهم:

ما هي البلازما؟ وكيف تتكون؟

البلازما هي غازات متأينة، تتكوّن من الإلكترونات حرة الحركة والأيونات الموجبة الناتجة عن انفصال الإلكترونات، وتتكوّن نتيجة درجات حرارة تزيد عن آلاف عدة من درجة سلسيوس، وتتكوّن في جو الشمس والنجوم، وأيضاً نتيجة تأين جزيئات الهواء بفعل البرق، ويمكن تحضيرها صناعياً.

ما خصائص البلازما؟ وما أهمية هذه الخصائص؟

تشبه خصائص الغازات من حيث الشكل والحجم، ولكنها موصلة للتيار الكهربائي لذلك صُنفت حالة مستقلة.

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل الذي يمثل محوّل النفايات البلازمية بوصفه مثالاً على التطبيقات العملية التي تُحضّر فيها البلازما وتستخدم، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

كيف تكون الاستفادة من البلازما في محوّل النفايات البلازمية؟ تعمل الطاقة الهائلة المخترنة في البلازما على كسر الروابط في مواد النفايات فتتفكك إلى العناصر المكوّنة لها، ويمكن استخدام كل أنواع النفايات بما فيها الخطرة.

كيف تخرج النفايات العضوية من المحوّل؟ خليط غازي غنيّ بغاز الهيدروجين يستخدم لتوليد الطاقة.

كيف تخرج النفايات غير العضوية من المحوّل؟ ناتج صلب يستخدم في صناعة الإسمنت والأسفلت.

أكلّف كل مجموعة بعرض النتائج التي توصلت

مراجعة الوحدة

1. التصادمات المرنة: التصادمات التي يجري خلالها تبادل الطاقة بين الجسيمات المتصادمة، فما يفقده أحد الجسيمات من طاقة خلال التصادم يكسبه جسيم آخر بحيث يبقى مجموع الطاقة الحركية التي تمتلكها الجسيمات محفوظة عند درجة الحرارة نفسها.
- المائع: المادة التي تمتلك جسيماتها القدرة على الإنسياب أو الجريان فتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه وهي السوائل والغازات.
- قانون أفوجادرو: الحجم المتساوية من الغازات تحتوي نفس العدد من الجزيئات عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة.
- المادة الصلبة الجزيئية: مادة صلبة بلورية تتكون جسيماتها من جزيئات (و ذرات الغازات النبيلة) تترايط في ما بينها بروابط هيدروجينية، أو قوى ثنائية القطب أو قوى لندن، وتتميز بشكل عام بدرجات انصهار وغيان منخفضة.
- وذلك لأن زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته فتزداد سرعتها وتزداد عدد تصادماتها من جدار الإناء الذي توجد فيه فيزداد ضغط الغاز.
- لأن الكتلة المولية لغاز NH_3 ($M_r = 17 \text{ g/mol}$) أقل منها لغاز CO_2 ($M_r = 44 \text{ g/mol}$)
- لأن جزيئاته تترايط بروابط هيدروجينية قوية نسبياً مقارنة مع القوى ثنائية القطب التي تربط جزيئات $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ فتحتاج ل طاقة أكبر لكسرها مما يفسر ارتفاع درجة انصهارها.

$$PV = nRT, T(K) = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$1.5 \times 5 = n \times 0.082 \times 293$$

$$n = 0.31 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M_r}, m = 0.31 \times 32 = 9.92 \text{ g}$$

8. Al • SiO_2 • Li_2O
9. أقل، وذلك لأنه يتكون من جزيئات C_{60} تكون على شكل كرات مجوفة تترايط مع بعضها بقوى لندن، أما الماس والغرافيت فكلاهما مادة صلبة شبكية تساهمية تترايط ذراتها بروابط تساهمية في بناء شبكي صلب. المتوقع أن الحجم الذي يشغله أي عدد من المولات من بكمسترفوليرين أكبر منه بالنسبة لنفس العدد من المولات من الماس أو الغرافيت وبالتالي فإن كثافته المتوقعة أقل.

10. د - تتحرك جميع جزيئات الغاز بالسرعة نفسها عند درجة الحرارة نفسها.

- ما المادة التي لها أعلى درجة غليان عادية؟
- أزئب السوائل الثلاثة حسب تزايد قوى التجاذب بين جزيئاتها.
- إذا كانت طاقة التبخر المولية للسوائل الآتية، كما هو موضح:
 O_2 (6.8 KJ/mol), Ne (1.8KJ/mol), CH_3OH (34.5KJ/mol)
فهل تتفق هذه القيم مع توقعاتي؟ أفسر إجابتي.
- أحدّد المادة التي لها أعلى درجة انصهار بين الأزواج الآتية:
 LiF , Li_2O •
 SiO_2 , CO_2 •
 Na , Al •
- إذا علمت أن كثافة الماس 3.5 g/mL، وأن كثافة الغرافيت 2.3 g/mL اعتماداً على التركيب البلوري لبكمسترفوليرين، فهل أتوقع أن تكون كثافته أكبر أم أقل منهما؟ أبرر إجابتي.
- أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:
(1). إحدى العبارات الآتية لا تتفق مع نظرية الحركة الجزيئية:
أ- حركة جزيئات الغاز مستمرة وعشوائية.
ب- متوسط الطاقة الحركية للغازات ثابت عند درجة الحرارة نفسها.
ج- تصادم جزيئات الغاز تصادمات مرنة.
د - تتحرك جميع جزيئات الغاز بالسرعة نفسها عند درجة الحرارة نفسها.

101

مراجعة الوحدة

1. أوضح المقصود بكل من:
• التصادمات المرنة.
• قانون أفوجادرو.
• المائع.
• المادة الصلبة الجزيئية.
2. أفسر ما يأتي:
• يتناسب ضغط الغاز طردياً مع درجة حرارته عند ثبات حجمه.
• انتشار غاز NH_3 أسرع من انتشار غاز CO_2 .
• درجة انصهار CH_3COOH أكبر من درجة انصهار $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.
3. أحسب كتلة غاز O_2 الموجودة في وعاء حجمه 5 L عند درجة حرارة 20°C وضغط 1.5 atm.
4. أحسب كثافة غاز SO_2 عند درجة حرارة 35°C وضغط 0.97 atm.
5. يحتوي وعاء حجمه 1.64 L على 1.1 g CO_2 و 1.6 g O_2 وكتلة مجهولة من N_2 . إذا علمت أن الضغط الكلي للغازات الثلاثة يساوي 1.5 atm عند درجة حرارة 27°C ، فأحسب:
• الضغط الجزئي لكل من الغازات CO_2 , O_2 , N_2 .
• كتلة غاز N_2 في الوعاء.
6. أدرس الجدول الآتي، الذي يبين الضغط البخاري لثلاثة سوائل A, B, C عند درجة حرارة معينة، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:
المادة
الضغط البخاري mmHg
C 50
B 580
A 225
- ما المادة الأسرع تبخرًا؟

4. $d = Mr \times \frac{P}{RT}$, $M_r \text{ so}_2 = 64 \text{ g/mol}$
 $T(K) = 35 + 273 = 308 \text{ K}$
 $d = 64 \times \frac{.97}{0.082 \times 308}$
 $d = 2.458 \text{ g/L}$
5. $T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$
 $n = \frac{m}{M_r}$
 $n_{\text{CO}_2} = \frac{1.1}{44} = 0.025 \text{ mol}$
 $n_{\text{O}_2} = \frac{1.6}{32} - 0.05 \text{ mol}$
 $PV = nRT$
 $P_{\text{CO}_2} = \frac{0.025 \times 0.082 \times 300}{1.64} = 0.375 \text{ atm}$
 $P_{\text{O}_2} = \frac{0.05 \times 0.082 \times 300}{1.64} = 0.75 \text{ atm}$
 $P_{\text{CO}_2} + P_{\text{O}_2} = 1.125 \text{ atm}$
 $P_{\text{N}_2} = P_T - (P_{\text{CO}_2} + P_{\text{O}_2})$

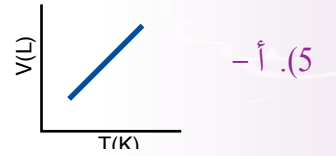
8. $P_{\text{N}_2} = 1.5 - 1.125 = 0.375 \text{ atm}$
بما أن الضغط الجزئي لـ CO_2 يساوي الضغط الجزئي لـ $\text{CO}_2 = 0.375 \text{ atm}$ ؛ فإن عدد مولات CO_2 يساوي عدد مولات N_2 عند الظروف نفسها = 0.025 mol، ومنه نحسب كتلة N_2
 $m_{\text{N}_2} = 0.025 \times 28 = 0.7 \text{ g}$
6. أ - B
ب - C
ج - $B < A < C$
7. نعم؛ تتفق، وذلك لأن قوى التجاذب بين جزيئات CH_3OH هي رابطة هيدروجينية قوية نسبياً مقارنة مع قوى لندن التي تربط جزيئات كل من O_2 و Ne ، كما أن الكتلة المولية لـ O_2 أكبر منها لـ Ne ، لذلك قوى التجاذب بين جزيئاته أكبر، وكلما كانت قوى التجاذب بين الجزيئات أقوى زادت طاقة التبخر المولية.

مراجعة الوحدة

(2). أ - H_2

(3). د - $343\text{ }^\circ\text{C}$

(4). ج - $\frac{3}{2}$ من الضغط الأصلي



(6). ج - CH_3CH_2OH

(7). د - $CH_4 < CH_3Cl < CHBr_3$

(8). ج - درجة الحرارة

(9). ب - شبكة تساهمية

(10). ج - Cu

مراجعة الوحدة

(2). إذا علمت أن الكتلة المولية للغازات الآتية

($H_2 = 2\text{g/mol}$ · $N_2 = 28\text{g/mol}$ · $O_2 = 32\text{g/mol}$ · $Ne = 20\text{g/mol}$)

فإن أقل هذه الغازات انحرافاً عن سلوك الغاز

المثالي عند الظروف نفسها، هو:

أ - H_2 ب - N_2 ج - O_2 د - Ne

(3). عينة من الغاز المحصور حجمها (V) عند درجة

حرارة ($35\text{ }^\circ\text{C}$)، فإن درجة الحرارة التي يتضاعف

عندها حجم الغاز ($2V$) عند ثبات الضغط، هي:

أ - $35\text{ }^\circ\text{C}$ ب - $70\text{ }^\circ\text{C}$ ج - $308\text{ }^\circ\text{C}$ د - $343\text{ }^\circ\text{C}$

(4). عند مضاعفة درجة الحرارة (بالكلفن) لعينة من غاز

محصور 3 مرات ومضاعفة حجمه مرتين، فإن

ضغطه الجديد يساوي:

أ - $1/6$ من الضغط الأصلي

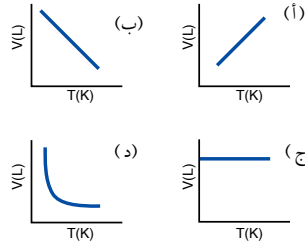
ب - $2/3$ من الضغط الأصلي

ج - $3/2$ من الضغط الأصلي

د - 5 أضعاف الضغط الأصلي

(5). إحدى الرسوم البيانية الآتية توضح العلاقة بين حجم

الغاز ودرجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه:



102

(6). المادة التي لها أعلى درجة غليان عادية، هي:

أ - CH_3CH_3 ب - $CH_3CH_2CH_3$

ج - CH_3CH_2OH د - CH_3OCH_3

(7). ترتيب السوائل الآتية: CH_3Cl , $CHBr_3$, CH_4

حسب تناقص طاقة تبخرها المولية:

أ - $CHBr_3 < CH_4 < CH_3Cl$

ب - $CHBr_3 < CH_3Cl < CH_4$

ج - $CH_3Cl < CHBr_3 < CH_4$

د - $CH_4 < CH_3Cl < CHBr_3$

(8). أحد العوامل الآتية يؤثر في الضغط البخاري

للسائل:

أ - حجم السائل ب - شكل الإناء

ج - درجة الحرارة د - كمية السائل

(9). إذا علمت أن عنصر البورون صلب للغاية، درجة

انصهاره $2300\text{ }^\circ\text{C}$ ، وهو رديء التوصيل للكهرباء

على درجة الحرارة العادية، فإن نوع المادة الصلبة

البلورية التي يكونها:

أ - جزيئية ب - شبكة تساهمية

ج - فلزية د - أيونية

(10). المادة الصلبة البلورية الموصلة للتيار الكهربائي

في حالتها الصلبة والسيولة، هي:

أ - KF ب - SiO_2

ج - Cu د - S_8

الوحدة الثالثة: المحاليل

Solutions

تجربة استهلاكية: الروابط في المركبات التساهمية.

عدد الحصص	التجارب والأنشطة	نتائج التعلم	الدرس
3		<ul style="list-style-type: none"> ● تصنيف المواد إلى نقية ومخاليط متجانسة وغير متجانسة. ● تصنيف المحاليل وفق خصائص محددة. ● استنتاج العوامل المؤثرة في ذائبية المواد الصلبة والسائلة والغازية في الماء. 	<p>الدرس الأول:</p> <p>تصنيف المحاليل</p>
5	● المحلول القياسي.	<ul style="list-style-type: none"> ● حساب تركيز المحلول بوحدات الكسر الموليّ والمولارية والمولالية والنسبة المئوية. ● تحضير مخبري لمحاليل قياسية مختلفة بتركيز مختلفة. 	<p>الدرس الثاني:</p> <p>تركيز المحاليل</p>
4	● الانخفاض في درجة التجمد.	<ul style="list-style-type: none"> ● استنتاج الخصائص الجامعة للمحاليل (الضغط البخاري، درجة الغليان، درجة التجمد، الضغط الاسموزي). ● اجراء حسابات لمعرفة درجة تجمد المحلول ودرجة غليانه. ● المقارنة بين أثر المركبات الايونية والجزئية في تغيير خصائص المذيب. ● استقصاء بعض التطبيقات العملية المرتبطة بخصائص المحاليل. 	<p>الدرس الثالث:</p> <p>خصائص المحاليل</p>

الصف	التأجات اللاحقة	الصف	التأجات السابقة
الحادي عشر	<ul style="list-style-type: none"> تصنيف المواد إلى نقية ومخالط متجانسة وغير متجانسة. 	الثالث	<ul style="list-style-type: none"> التمييز بين المادة النقية والمخلوط. تصنيف مجموعة مخالط إلى متجانسة وغير متجانسة.
الحادي عشر	<ul style="list-style-type: none"> تصنيف المحاليل وفق خصائص محددة. استنتاج العوامل المؤثرة في ذائبية المواد الصلبة والسائلة والغازية في الماء. حساب تركيز المحلول بوحدات الكسر الموليّ والمولارية والمولالية والنسبة المئوية. تحضير مخبريا محاليل قياسية مختلفة بتركيز مختلفة. 	السادس	<ul style="list-style-type: none"> التمييز بين المذاب والمذيب. وصف تركيز المحلول بالتعبير عن كمية المذاب في المذيب. استنتاج الفرق بين المحلول المشبع وغير المشبع. التمييز بين المادة النقية والمخالط. التمييز بين المخالط المتجانسة وغير المتجانسة.

المحاليل

Solutions

أتأمل الصورة

- أوجه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، وأسألهم:
- ما المشاهدة في هذه الصورة؟
أتقبل إجابات الطلبة ولا أستبعد أي منها.
الإجابات المحتملة: دوراق زجاجية تحتوي سوائل ملونة، دوراق زجاجية تحتوي محاليل ملونة، محاليل مختلفة عن بعضها....
- أسسم الطلبة مجموعات (4-6) أفراد، ثم أكلفهم بالإجابة عن الأسئلة الخاصة بصورة الوحدة.
الإجابات المحتملة: المحلول يتكون من مذاب ومذيب، المحلول يتكون من مادتين أو أكثر، يمكن حساب التركيز بمعرفة كمية المذاب في المذيب
- تختار كل مجموعة أحد أفرادها لعرض النتائج التي توصلت إليها مجموعته.
- أتقبل إجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم، للتوصل إلى أن المحلول مخلوط متجانس وأنه يتكون من مذاب ومذيب وأن، درجة غليان المحلول مرتفعة، ودرجة انصهاره منخفضة، ويمكن حساب تركيز المحلول بمعرفة عدد مولات المذيب والمذاب أو كتلتها أو حجومها.

المحاليل
Solutions

أتأمل الصورة

تستخدم المحاليل الكيميائية على نطاق واسع في حياتنا، سواءً في المنزل أو في الصناعات المتنوعة. فما المحلول؟ وما خصائصه؟ وكيف يُحسب تركيزه؟

103

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن أنواع المخاليط؛ متجانسة وغير متجانسة، وأشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو استعمل أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الفكرة العامة:

- أوجه الطلبة إلى قراءة الفكرة العامة، ثم أمهد للوحدة بطرح السؤالين الآتيين:
 - ما الفرق بين الماء النقي والماء غير النقي؟
 - كيف يمكن معرفة تركيز المحلول؟
- الإجابات المحتملة: الماء النقي هو الماء النظيف، والماء غير النقي يحتوي شوائب، ويمكن معرفة تركيز المحلول بمعرفة عدد الجسيمات المذابة فيه.
- أقبّل إجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأوضح لهم أن المواد في الطبيعة قد تكون نقية تتكون من نوع واحد من المكونات، مثل الماء النقي حيث يتكوّن من جزيئات الماء فقط دون وجود أيّ مواد أخرى معه، وكذلك قد تكون المادة على شكل مخلوط يتكون من مادتين أو أكثر، وللمخاليط أنواع منها المتجانسة (المحاليل)، وغير المتجانسة، وكذلك للمحاليل أنواع مختلفة ويمكن حساب تركيزها بطرائق عدة تعتمد على نسبة المذاب إلى المذيب.
- أوضح للطلبة أنّهم سيدرسون في هذه الوحدة الأسس التي اعتمد عليها في تصنيف المحاليل إلى أنواع مختلفة، وطرائق حساب تركيز المحاليل، وخصائصها العامة.

مشروع الوحدة:

- أقرح على الطلبة تصميم ما يأتي:
 - 1- مطوية تبين تقسيم المواد إلى نقية ومخاليط، وأنواع المحاليل وأسس تصنيفها، وكذلك الطرائق المختلفة في حساب تركيز المحاليل ومبدأ كل طريقة، وملخص توضيحي لخصائص المحاليل.
 - 2- عرض تعليمي (باوربوينت Power Point)؛ موضحاً مخططاً مفاهيمياً لوحدة المحاليل.
 - 3- لوحة جدارية صفية توضح المحاليل: أنواعها، أمثلة عليها، طرائق حساب تركيزها، خصائصها.
- أخبر الطلبة أن تقييم العمل سيعتمد على دقة المعلومات، وجاذبية التصميم.

الفكرة العامة:

تُصنّف المواد إلى قسمين: موادّ نقية، ومخاليط. والمحاليل إحدى أنواع المخاليط، لها خصائص معيّنة، ويمكن حساب تركيزها بطرائق عدّة.

الدرس الأول: تصنيف المحاليل

الفكرة الرئيسة: المحاليل مخاليط متجانسة، وتقسّم إلى أنواع مختلفة وفقاً لحالة المذيب الفيزيائية وحالة الإشباع والتوصيل الكهربائي وحجم جسيمات المذاب.

الدرس الثاني: تركيز المحاليل

الفكرة الرئيسة: يمكن التعبير عن تركيز المحلول بالكسر المولي والنسبة المئوية والمولارية والمولالية.

الدرس الثالث: خصائص المحاليل

الفكرة الرئيسة: للمحاليل خصائص عدّة، كالضغط البخاري ودرجة الغليان ودرجة التجمّد والضغط الأسموزي.



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* قضايا ذات العلاقة بالعمل: التخطيط

أوجه الطلبة إلى أن التخطيط يساعد على قيادة المشروع نحو النجاح، وذلك عن طريق تحديد الأهداف والأنشطة والجراءات وتوزيع المهام والأدوار التي سيجري القيام بها لتحقيق تلك الأهداف، وهذا يساعد في نجاح المشروع.

تجربة استخلاص

الهدف: استقصاء درجة غليان المحلول.

زمن التنفيذ: 20 min.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
 - أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
 - أوجه الطلبة إلى الحذر عند التعامل مع الأدوات الزجاجية ومع لهب بنسن.
- المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

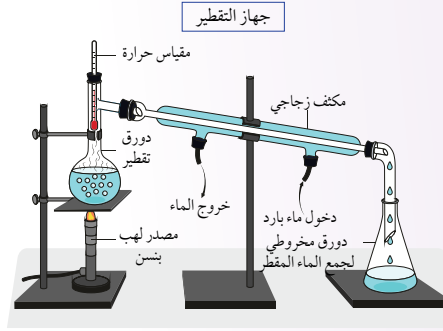
- أجهز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر. (يفضل أن أنفذ التجربة منفردًا في يوم سابق).
 - أقسم الطلبة في مجموعات، ثم أوزع عليهم المهمات، حيث تنفذ بعض المجموعات التجربة باستخدام (10 g)، من السكر ومجموعات أخرى تنفذ التجربة باستخدام (20 g) من السكر.
 - أتجول بين مجموعات الطلبة موجهاً ومرشداً وأتابع أداءهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوم أداءهم.
 - أطلب إلى المجموعات تبادل البيانات التي حصلوا عليها، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.
- توجيه: أوجه الطلبة إلى تركيب جهاز التقطير المبين في الشكل بحذر وبشكل صحيح.

التحليل والاستنتاج:

1. أتتبع قراءة مقياس الحرارة من التجربة العملية. درجة الحرارة للمحلول (20 g) من السكر أعلى منها للمحلول (10 g).
2. نقطة بدء الغليان لمحلول السكر (20 g) أعلى منها لمحلول السكر (10 g).
3. درجة غليان الماء النقي 100 وهي أقل من درجة غليان المحلول.
4. الضغط البخاري للمحلول أقل منه للمذيب النقي (أذكر للطلبة أن التفسير سيتم التطرق اليه بالتفصيل في الدرس الثالث).

تجربة استخلاص

خصائص المحاليل



المواد والأدوات: دورق مخروطي سعة 200 mL، دورق تقطير سعة 200 mL، مقياس حرارة، لهب بنسن، حامل فلزي، شبكة تسخين، ماء مقطر، أنابيب مطاطية، مكثف زجاجي، سكر المائدة، حبيبات الغليان، مختبر مدرج، ميزان حساس.

إرشادات السلامة: الحذر عند التعامل مع الأدوات الزجاجية ومع لهب بنسن، وارتداء القفازات والنظارات الواقية ومعطف المختبر.

خطوات العمل:

1. أقيس: أزن 10 g من السكر باستخدام الميزان الحساس، وأذيبها في 100 g من الماء المقطر، ثم أضعها في دورق التقطير.
2. أظن: أضيف 3 - 4 من حبيبات الغليان إلى المحلول، ثم أركب جهاز التقطير، كما هو موضح في الشكل.
3. أنظم: أسخن المحلول، ثم أسجل قراءة مقياس الحرارة كل 5 min، وأستمر إلى ما بعد الغليان بقراءتين.
4. أكرر الخطوات السابقة بإذابة 20 g من السكر في 100 g من الماء المقطر.



تقويم تجربة خصائص المحاليل

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

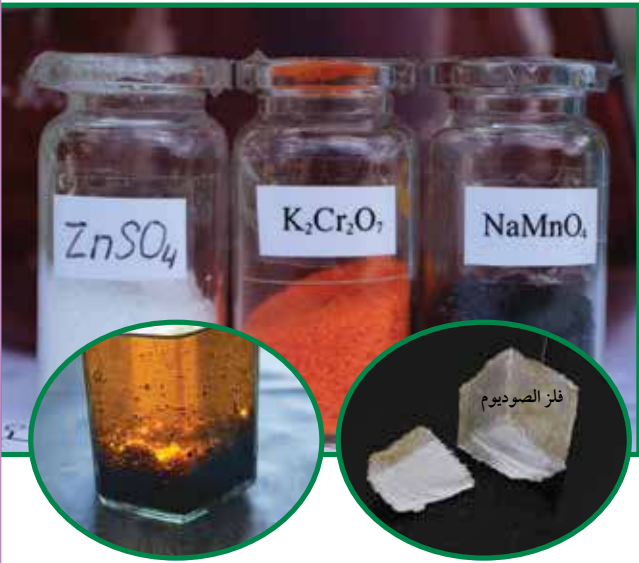
أداة التقويم: قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	تركيب جهاز التقطير بشكل صحيح.		
2	أخذ قراءات صحيحة.		
3	وصف النتائج بدقة.		
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.		

المخاليط Mixtures

توجد المواد من حولنا على شكل مخاليط، فالماء الذي نشربه والعصائر الصناعية والعقاقير الطبية وغيرها ما هي إلا أمثلة على المخاليط. فما المخلوط؟ وما أنواع المخاليط؟ وكيف تُصنّف؟ تُصنّف المواد تبعاً لتركيبتها إلى مواد نقية ومخاليط، فالمواد النقية تتكوّن من نوع واحد من الجسيمات، ويكون لها تركيب ثابت ومنتظم، مثل العناصر والمركبات.

إلا أنه يصعب بقاء المواد في الطبيعة بصورة نقيه؛ فهي تختلط مع المواد المحيطة بها، ونشأ نتيجة لذلك ما يُعرف بالمخاليط Mixtures، التي تتكوّن من مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر، تبقى كلٌ منها محتفظة بخصائصها الكيميائية، ويبيّن الشكل (1) عدداً من المواد النقية والمخاليط.



الشكل (1). مواد نقية ومخاليط.

الفكرة الرئيسة:

المحاليل مخاليط متجانسة، وتُقسّم إلى أنواع مختلفة وفقاً لحالة المذيب الفيزيائية وحالة الإشباع والتوصيل الكهربائي وحجم جسيمات المذاب.

نتائج التعلم:

– أصنّف المواد إلى نقيه ومخاليط متجانسة وغير متجانسة.
– أصنّف المحاليل وفقاً لخصائص محددة.
– أستنتج العوامل المؤثرة في ذائبية المواد الصلبة والسائلة والغازية في الماء.

المفاهيم والمصطلحات:

Mixtures	المخاليط
	مخاليط غير متجانسة
Heterogeneous Mixtures	
Suspension Mixture	المخلوط المُعلّق
Colloid Mixture	المخلوط الغروي
	مخاليط متجانسة
Homogeneous Mixtures	
Solution	المحلول
Solubility	الذائبية
Henry's Law	قانون هنري

تصنيف المحاليل

Classification of Solutions

تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

- أناقش الطلبة في تصنيف المخاليط إلى أنواع مختلفة، ثم أوجه لهم السؤال الآتي: ما الأساس الذي تم الاعتماد عليه لتصنيف المحاليل؟ إجابات محتملة: عدد جسيمات المذيب، عدد جسيمات المذاب، حجم المحلول،...
- أناقش الطلبة مبيناً لهم أن المحاليل صنفت وفق حالة المذيب الفيزيائية، وحالة الإشباع، والتوصيل الكهربائي، وحجم جسيمات المذاب.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أ طرح السؤال الآتي على الطلبة: مم يتكون المحلول؟ إجابة محتملة: مذاب ومذيب، مادتين أو أكثر.
- أدير نقاشاً مع الطلبة وأبين لهم أن المحلول يتكون من مذاب ومذيب مثل محاليل الأملاح.

التدريس

المناقشة:

- أوضّح للطلبة أن المواد تصنف إلى نقيه ومخاليط. ثم أ طرح عليهم السؤالين الآتيين: ما خصائص المواد النقية؟ ما المقصود بالمخاليط؟

إجابات محتملة: المواد النقية تخلو من الشوائب، والمخلوط يتكون من مواد عدة.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشهم فيها للتوصل إلى أن المواد النقية تتكون من نوع واحد من الجسيمات، ولها تركيب ثابت ومنتظم، كما في العناصر والمركبات.

المخاليط هي مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر تحتفظ كل منهما بخصائصها الكيميائية. وأوضّح لهم أن المواد النقية يصعب بقاءها في الطبيعة بصورة نقيه لذلك تختلط مع مواد محيطة بها فتوجد على شكل مخاليط.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى تأمل الشكل (1) الذي يبين عدداً من المواد النقية والمخاليط. ثم أسأل الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما اسم المواد الواردة في الشكل؟

– أصنّف المواد في الشكل إلى مواد نقيه ومخاليط.

- أدون إجابات الطلبة على اللوح، ثم أناقشهم فيها للتوصل إلى الإجابة الصحيحة. كبريتات الحارصين، داكرومات البوتاسيوم، بيرمنغنات الصوديوم، فلز الصوديوم، تراب في الماء. التراب في الماء مخلوط، أما باقي المواد فهي نقيه.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن الماء النقي هو الماء الخالي من الملوّثات والشوائب المختلفة. أوضّح للطلبة أن الماء النقي هو الذي يتكون من من جزيئات الماء H₂O فقط.

المادة النقية والمخلوط

طريقة أخرى للتدريس

- أوضّح للطلبة أن كلوريد الصوديوم مادة نقيه تتكون فقط من وحدات الصيغة NaCl، في حين أن ملح الطعام مادة غير نقيه (مخلوط)، تتكوّن من وحدات الصيغة NaCl إضافة إلى يوديد البوتاسيوم KI.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثم أطر عليهم السؤال الآتي:
- إلى ماذا تُصنّف كل من المخاليط والمواد النقية؟
- إجابات محتملة: المخاليط متجانسة وغير متجانسة، والمواد النقية عناصر ومركبات.

◀ المناقشة:

- أطر السؤال الآتي على الطلبة:
- على ماذا يعتمد تركيب المخلوّط؟
- إجابات محتملة: تركيب المخلوّط يعتمد على نسب مكوناته، وكيفية توزيع المكونات، فبعضها يمكن تمييز مكوناته مثل مخلوط الماء والتراب، وبعضها يصعب تمييز مكوناته مثل محلول ملح الطعام.
- أطر السؤال الآتي على الطلبة:
- ما المقصود بكل من المخاليط غير المتجانسة والمخلوط المعلق؟ إجابات محتملة: محلول غير منتظم في اجزائه، محلول تتعلق جسيماته في المحلول.

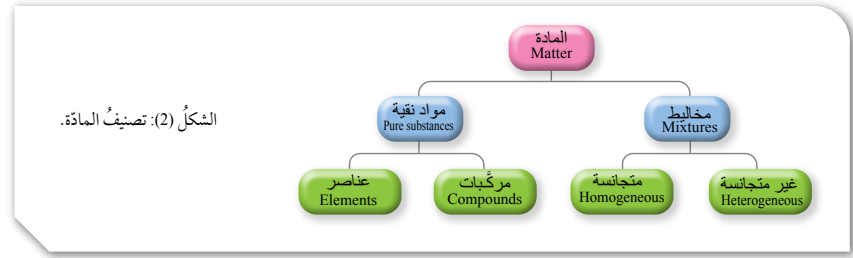
استمع إجابات الطلبة وأناقشها معهم، للتوصل إلى إن المخلوّط غير المتجانس يتكون من مادتين أو أكثر من المواد النقية التي لا تمتزج مكوناتها امتزاجاً تاماً، وتحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية. وتبقى متميزة في المخلوّط.

أما المخلوّط المعلق؛ فلا تمتزج مكوناته ببعضها وتتوزع بشكل غير منتظم في أجزاءه، ويمكن فصل مكوناته بعملية الترشيح بسبب كبر حجم جسيماته (قطرها أكبر من 1000nm).

ثم أبين أنه ترسب جسيماته بفعل الجاذبية إذا تركت من غير تحريك، ويمكن أن تنفصل مكونات المخلوّط المعلق إلى طبقتين واضحتين أو أكثر يمكن رؤيتها بالعين المجردة إذا تركت مدة من غير تحريك.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى تأمل الشكل (3) وأسألهم: ما عدد الطبقات التي انفصلت إليها مكونات المخلوّط المعلق؟ الإجابة من الشكل: 3 طبقات وهي (تراب، ماء، زيت)



الشكل (2): تصنيف المادة.

يختلف تركيب المخلوّط تبعاً لاختلاف نسب المواد المكوّنة له، وكيفية توزيع مكوناته، فبعضها يمكن تمييز مكوناتها، مثل مخلوط الماء والتراب أو مخلوط الخل والزيت، وبعضها الآخر يصعب تمييز مكوناته، مثل محلول ملح الطعام أو كبريتات النحاس.

أنواع المخاليط Types Of Mixtures

عرفت في ما سبق أنّ المخلوّط يتكوّن من مزيج من مادتين أو أكثر من المواد النقية، تحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية. وتُقسّم المخاليط إلى قسمين؛ المخاليط المتجانسة، والمخاليط غير المتجانسة، أنظر الشكل (2).

المخاليط غير المتجانسة Heterogenous Mixtures

تتكوّن المخاليط غير المتجانسة Heterogenous Mixtures من مادتين أو أكثر من المواد النقية لا تمتزج مكوناتها امتزاجاً تاماً؛ إذ تحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية وتبقى في المخلوّط متميزة عن غيرها من المكونات، ويمكن تعرّف نوعين أساسيين من المخاليط، هما: المخلوّط المعلق، والمخلوط العروبي.

المخلوط المعلق Suspension Mixture لا تمتزج مكوناته مع بعضها بعضاً، وتتوزع على نحو غير منتظم في أجزاءه، ويمكن فصل مكوناته بعملية الترشيح؛ بسبب كبر حجم جسيماته التي يزيد قطرها على (1000 nm)، كما يمكن أن ترسب في أسفلها بفعل الجاذبية إذا تركت من غير تحريك مدة من الزمن، ومثال ذلك مخلوط التراب والماء، كما يمكن أن تنفصل مكونات المخلوّط المعلق إلى طبقتين واضحتين أو أكثر يمكن رؤيتها بالعين المجردة إذا تركت مدة من غير تحريك، أنظر الشكل (3).

نشاط سريع

- أحضر انبوب اختبار يحتوي (20 ml) من الماء، ثم أضع فيه بلطف كمية من التراب ثم بعض القطع من الطباشير ثم (8 ml) من الزيت وأحرّك الأنبوب، وأطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث، ثم أطر عليهم السؤال الآتي: هل يمكن تمييز كل طبقة في المخلوّط بالعين المجردة؟

معلومة إضافية

في المخاليط؛ ليس بالضرورة أن يكون المذيب هو الماء، فقد يكون المذيب غازاً أو سائلاً آخر، مثال ذلك؛ جزيئات الغبار في الهواء، والدهانات التي تتكون من مواد ذائبة في زيت التربنتين.

◀ المناقشة:

● أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، فأقسّم الطلبة في مجموعات، وأحدد لكل مجموعة سؤالاً للإجابة عنه من الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالمخلوط الغروي؟
- كيف تُصنّفُ المخاليط الغروية؟
- ما المقصود بالحركة البراونية؟

- ما الفرق بين المخاليط الغروية المركزة والمخففة؟

- أكلف فرد من كل مجموعة بعرض ما توصلت إليه مجموعته، ثم أدير نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات؛ المخلوط الغروي: جسيمات تنتشر خلال وسط انتشار، وقطر الجسيمات؛ (1 nm - 1000 nm)، ولا يمكن فصلها بالترشيح ولا ترسب. وأن المخاليط الغروية صُنفت تبعاً لحالة الجسيمات المنتشرة ووسط الانتشار (صُلب، غاز، سائل). وتتحرّك جسيمات المخلوط في السائل حركة عشوائية في الاتجاهات كافة. وأن المخاليط المركزة: عكّرة ومُعتمة، والمخففة صافية وشفافة.

◀ استخدام الصور والأشكال:

● أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (4) وأطرح عليهم السؤال الآتي:

- ما المقصود بظاهرة تndال؟ إجابة محتملة: تشتيت الضوء.

أدير نقاشاً مع الطلبة؛ للتوصل إلى تشتت حزمة الضوء عند مرورها في المخلوط الغروي، وعدم تشتتها عند مرورها في مخلوط مثل كلوريد الصوديوم (متجانس).

◀ قراءة الجداول:

● أوجّه الطلبة إلى قراءة الجدول (1) وأناقشهم في تصنيف المخاليط الغروية وفق حالة الجسيمات المنتشرة ووسط الانتشار ومثال على كل صنف.

الربط بالحياة

أستعين بموضوع الربط بالحياة، وأوضّح للطلبة أنّ تشتت الضوء خاصية للمخاليط الغروية تحدث في الطبيعة خلال مرور الضوء عبر جسيمات الضباب، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة بوضوح في بعض الغابات، كما يمكن ملاحظة ظاهرة تndال في أيام الضباب (في الشتاء) عند إضاءة المصابيح وخاصة مصابيح السيارات.



الشكل (4): ظاهرة تndال في المخلوط الغروي.

المخلوط الغروي Colloid Mixture يتكوّن من جسيمات تنتشر خلال مادة أخرى تسمّى وسط الانتشار، يتراوح قطرها بين (1 nm - 1000 nm)؛ لذلك لا يمكن فصلها بالترشيح، ولا ترسب كما في المخلوط المُعلّق، ومثال ذلك الضباب؛ حيث يتكوّن من قطرات ماء صغيرة جدّاً منتشرة في الهواء. ويمكن تصنيف المخلوط الغروي، تبعاً لحالة الجسيمات المنتشرة ووسط الانتشار، إلى صُلب، وسائل، وغاز، كما هو موضّح في الجدول (1)، الذي يبيّن أمثلة على المخاليط الغروية. تمتاز جسيمات المخلوط الغروي بالحركة البراونية؛ حيث تتحرّك في السائل حركة عشوائية في جميع الاتجاهات، وتتصادم مع جسيماته ممّا يمنع ترسبها. وتظهر المخاليط الغروية المركّزة عكّرة ومُعتمة، أمّا المخففة منها فتظهر صافية وشفافة وتشتت الضوء عند مرور حزمة ضوئية خلالها في ما يُعرف بظاهرة تndال، أنظر الشكل (4)؛ حيث يُلاحظ بوضوح تشتت حزمة الضوء عند مرورها في المخلوط الغروي، في حين لا يُلاحظ ذلك الأثر عند مرور حزمة من الضوء عبر محلول من كلوريد الصوديوم (مخلوط متجانس).

الجدول (1): أمثلة على المخاليط الغروية.

حالة الجسيمات المنتشرة	حالة وسط الانتشار	مثال
سائل	غاز	الضباب
صُلب	غاز	الرماد
غاز	صُلب	حجر الخفاف
سائل	سائل	الحليب

الربط بالحياة

ظاهرة تndال في الطبيعة يُعدّ الضباب مخلوطاً غروياً، تشتتت الأشعة الضوئية عند مرور الضوء خلال جسيماته، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة بوضوح في بعض الغابات، كما يظهر في الصورة.



إضاءة للمعلم / للمعلمة

يمكن تصنيف الغرويات إلى صلب، وسائل، وغاز، تبعاً لحالة الجسيمات المنتشرة ووسط الانتشار، وللغرويات أسماء شائعة، كما هو موضّح في الجدول الآتي:

الاسم	حالة التشتت	مثال
هلام	صلب في سائل	الجيلاتين
رغوة	غاز في سائل	معجون الحلاّقة، كريمة مخفوقة
الهباء الجوي الصلب	صلب في غاز	الدخان
الهباء الجوي السائل	سائل في غاز	ضباب، غيوم
مستحلب صلب	سائل في صلب	الجبن، الزبدة
مستحلب سائل	سائل في سائل	الحليب، المايونيز

نشاط سرية

- أحضر ثلاثة محاليل: ملح الطعام، السكر في الماء، كبريتات النحاس، ثم أعرضها على الطلبة وأسألهم السؤالين الآتيين:
 - هل يمكن رؤية جسيمات المحلول بالعين المجردة؟
 - هل يمكن فصل مكونات المحلول بالترشيح؟
- أدير نقاشاً مع الطلبة؛ للتوصل إلى أن جسيمات المحلول: لا ترى بالعين المجردة، ولا يمكن فصلها بالترشيح.



أعمل فيلماً قصيراً

باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker)، يوضّح تصنيف المادة إلى موادّ نقيّة (عناصر ومركّبات) وموادّ غير نقيّة (مخاليط متجانسة وغير متجانسة)، ويشتمل على مخطّط مفاهيمي ومفهوم كل منها وصور لأمثلة، بإشراف معلّمي / معلّمتي ثم أشاركه مع زملائي / زميلاتي في الصفّ.

المناقشة:

- أ طرح على الطلبة السؤال الآتي:
 - ما المقصود بالمخلوط المتجانس؟ إجابة مُحتملة: مخلوط منتظم، مخلوط متشابه في المكونات.
- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن المخلوط المتجانس: مادّتان أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي، ويسمى المخلوط المتجانس محلول، وتنتشر جسيمات المذاب على نحو منتظم ومتماثل في أنحاء المذيب جميعها، لذلك يكون المحلول مُتجانساً في التركيب والخواصّ.
- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:
 - ما تصنيف المحاليل؟ إجابة مُحتملة: صلبة، سائلة، غازية.
- أستمع لإجابات الطلبة المحتملة، وأدير نقاشاً معهم للتوصل إلى أن: المحاليل صنف وفق حالة الإشباع إلى: مُشبع وغير مشبع وفوق الإشباع؛ ووفق قابلية التوصيل الكهربائي إلى: كهربية و لاكهربية، ووفق حالة المذيب الفيزيائية إلى: صلب، وسائل، وغاز.



● أوجّه الطلبة إلى تنفيذ موضوع التعلم

وإعداد فيلم قصير باستخدام برنامج صانع الأفلام movie maker، وأحدد لهم موعداً لعرضه ومناقشته في الغرفة الصفية أو مختبر الحاسوب.

المخاليط المتجانسة (Homogeneous Mixture (Solution):

يتكوّن المخلوط المتجانس Homogeneous Mixture من مادّتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي، ويسمى المخلوط المتجانس محلول Solution، وتنتشر جسيمات المذاب على نحو منتظم ومتماثل في جميع أنحاء المذيب لذلك يكون المحلول مُتجانساً في التركيب والخواصّ. ويتراوح قطر جسيمات المذاب في المحلول (0.1-1 nm)؛ لذلك لا تُرى بالعين المجردة أو المجهر، ولا يمكن فصل مُكوّنات المحلول بالترشيح؛ وذلك ليصغر حجم جسيماته. ومن أمثلة المحاليل المحلول الناتج من إذابة السكر في الماء، وكذلك الكثير من المحاليل التي تُستخدم في المختبرات الكيميائية.

تصنيف المحاليل:

تختلف المحاليل في خصائصها وأنواعها، وتُصنّف وفق حالة الإشباع إلى محاليل غير مشبعة ومحاليل مشبعة ومحاليل فوق الإشباع؛ وذلك تبعاً لنسبة المذاب في المذيب؛ فالمحلول غير المشبع Unsaturated Solution، هو المحلول الذي يستوعب زيادة من المذاب عند درجة الحرارة نفسها، وإذا كان لا يستوعب زيادة من المذاب عند درجة الحرارة نفسها فيسمى المحلول المشبع Saturated Solution، في حين إذا كان يحتوي على زيادة من المذاب أكثر ممّا يمكن إذابته عند درجة حرارة معيّنة في ظروف معيّنة فيسمى المحلول فوق الإشباع Super Saturated Solution. تُصنّف المحاليل أيضاً وفق قابليتها للتوصيل الكهربائي إلى نوعين، هما: المحاليل الكهربية Electrolyte Solutions، وهي التي توصل التيار الكهربائي، سواء كان التوصيل بدرجة قويّة أو بدرجة ضعيفة، والمحاليل اللاكهربية Non-Electrolyte Solutions، وهي التي لا توصل التيار الكهربائي.

يمكن كذلك تصنيف المحاليل تبعاً لحالة المذيب الفيزيائية إلى محاليل صلبة أو سائلة أو غازية؛ فسيبكة الفولاذ -مثلاً- محلول صلب يتكوّن من الحديد والكربون وبعض العناصر الأخرى، يكون فيه الحديد هو المذيب؛ فهو يشكّل النسبة الأكبر بين المُكوّنات، وكذلك



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: التعلم المتبادل

أوضح للطلبة أن توزيع المهام أثناء العمل يتيح لأفراد المجموعة المشاركة الفاعلة في إنجاز العمل، ويوفر فرصة التعلم لهم جميعاً.

أخطاء شائعة

قد لا يميز بعض الطلبة بين مفهوم المحلول والمخلوط، حيث يستخدمون كلمة محلول لوصف الغرويّات والمعلّقات. أوضح للطلبة مثلاً أن المعلّقات مثل الطباشير في الماء، والتراب في الماء تُسمى مخلوط وهو غير متجانس التركيب، أما المحلول فهو متجانس التركيب مثل محلول ملح الطعام.

◀ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الجدول (2)، تصنيف المحاليل تبعاً لحالة المذيب. وأناقشه معهم؛ للتوصل إلى حالة المحلول: صلب، أو سائل، أو غاز. وحالة المذيب والمذاب، ومثال على كل حالة.

◀ المناقشة:

- أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني حيث أوزع الطلبة في مجموعات (4-6) أفراد، وأكلف كل مجموعة الإجابة عن أحد الأسئلة الآتية في مدة 5 دقائق:
 - ما أهمية المحاليل السائلة؟
 - علام يعتمد ذوبان المادة الصلبة في الماء؟
 - ما المقصود بالذائبية؟
 - تعرض كل مجموعة إجاباتها، ثم أدير نقاشاً معهم للتوصل إلى:
- المحاليل السائلة يكون فيها المذيب ماء وهي أكثر المحاليل استخداماً في التفاعلات والمختبرات الكيميائية.
- الماء مذيب لكثير من المواد الصلبة؛ ويعتمد ذلك على طبيعة المادة ودرجة الحرارة، وتعتمد طبيعة المادة على نوع قوى الترابط بين جسيماتها مما يؤثر في ذائبيتها.
- الذائبية هي أكبر كتلة من المذاب يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب (الماء)، في درجة حرارة معينة، أو تعرّف بأنها كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة.

الجدول (2): تصنيف المحاليل تبعاً لحالة المذيب وأمثلة عليها.

حالة المحلول	المُذاب	المُذيب	مثال
صَلْب	صَلْب	صَلْب	التُّحاس في الذَّهَب
	سائل	صَلْب	الزُّرْبِق في الفِضَّة
	غاز	صَلْب	الهيدروجين في البلاطين
سائل	صَلْب	سائل	الملح في الماء
	سائل	سائل	الحَل في الماء
	غاز	سائل	ثاني أكسيد الكربون في الماء
غاز	صَلْب	غاز	جُسيمات الغبار في الهواء
	سائل	غاز	قطرات الماء في الهواء
	غاز	غاز	الأكسجين في النيتروجين

الهواء محلولٌ غازيٌّ يكونُ المُذيب فيه غازَ النيتروجين؛ فهو الوسطُ التي تنتشرُ فيه مُكوِّناتُ الهواء المختلفة. ويوضِّح الجدول (2) تصنيفَ المحاليل تبعاً لحالة المذيب ويذكرُ أمثلةً عليها.

وتُعَدُّ المحاليلُ السائلة التي يكون فيها المُذيب ماءً من أكثر أنواع المحاليل استخداماً في التفاعلات والمختبرات الكيميائية، وتسمّى المحاليلُ المائية.

المحاليلُ السائلة:

محلولٌ صَلْب في سائل:

يُذيبُ الماءُ كثيراً من المواد الصلبة، ويعتمدُ ذوبانها على عاملين أساسيين، هما: طبيعة المادة، ودرجة الحرارة. وتعتمد طبيعة المادة على نوع قوى الترابط بين جسيماتها؛ ما يؤثرُ في ذائبيتها في الماء. وتعرّفُ **الذائبية Solubility** بأنها أكبر كتلة من المذاب التي يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب (الماء) في درجة حرارة معينة، أو كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة. وتختلف ذائبية المواد الصلبة الأيونية (الأملاح) في الماء باختلاف درجة حرارة

- أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، حيث أوزع الطلبة في مجموعات، ثم أوزع كل مجموعة بطاقات تتضمن المعلومات الآتية: حالة المحلول، وأمثلة عليها، ثم أ طرح السؤال الآتي على الطلبة: ما حالة كل من المذاب والمذيب؟
- أكلف أحد أفراد المجموعة بعرض ما توصلت إليه مجموعته.
- أدير نقاشاً بين مجموعات الطلبة للتوصل إلى حالة المذيب، وحالة المذاب كما في الجدول 2.

إهداء للمعلم / للمعلمة

تذوب المركبات الأيونية بوجه عام في الماء، وتتضمن عملية الذوبان تفكك الملح إلى أيونات، وقد تتفاعل بعض الأيونات مع الماء وتغير من تركيز أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيد في المحلول؛ فتتغير طبيعة المحلول إلى حمضي أو قاعدي، ويطلق على هذه العملية التميّة، ويكمن الفرق بين العمليتين أن التميّة يعدّ ذوباناً، ولكن العكس غير صحيح؛ لأن أيونات قد تنتج عن ذوبان المركب الأيوني، لكنها لا تتفاعل مع الماء.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم أيبين لهم أن ذائبية المواد الصلبة الأيونية تختلف باختلاف درجة الحرارة. فمنها ما تزداد ذائبيته بشكل كبير، مثل KNO_3 أو زيادة طفيفة، مثل $NaCl$ ، ومنها ما تقل ذائبيته مثل $Ce_2(SO_4)_3$.

إجابة سؤال الشكل (3): (130 g)

- ✓ **أتحقق:** رسم خط عمودي من درجة الحرارة 50، حتى يصل إلى منحنى الذائبية، ثم رسم خط أفقي حتى يصل إلى محور السينات الذي يمثل الذائبية؛ فتكون القيمة تقريبا $43 \text{ g}/100 \text{ g H}_2\text{O}$.

أخطاء شائعة

قد يخلط بعض الطلبة بين مفهومي الذوبان والانصهار؛ لذلك أوضح للطلبة أن الانصهار: تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، أما الذوبان فهو انتشار جسيمات المادة المذابة بين جزيئات المذيب (الماء) بانتظام.

ورقة العمل (1)

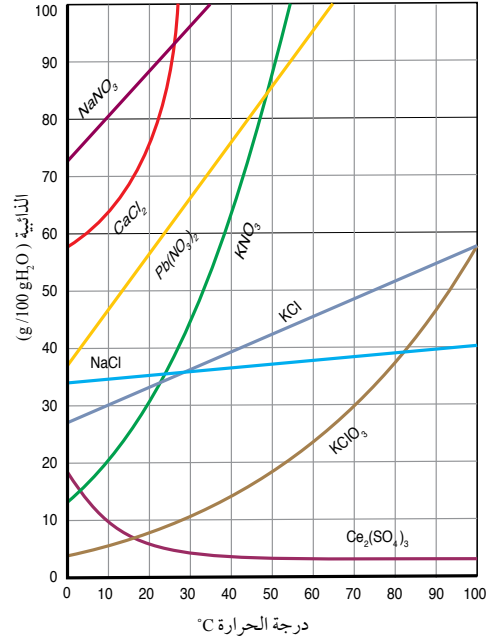
أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، وأقسم الطلبة في مجموعات، ثم أوزع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل بشكل جماعي، ومناقشة الحل بينهم، وأحدد لهم 5 min، ثم أوجه كل مجموعة لعرض إجاباتها وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

توظيف التكنولوجيا

أوجه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية أو عروض تقديمية لبعض التجارب الكيميائية التي تبين قياس تراكيز الأيونات في الماء، ثم تصميم لوحة إلكترونية لمقارنة النتائج مع المواصفات الأردنية لمياه الشرب، وأحدد لهم موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

الشكل (5): منحنيات الذائبية لعدد من الأملاح في الماء عند درجات حرارة مختلفة.

ما أكبر كمية من KCl يمكن أن تذوب في 250 ماء عند درجة حرارة 80°C ؟



المحلول. ويوضح الشكل (5) منحنيات الذائبية لعدد من الأملاح في 100 g من الماء عند درجات حرارة مختلفة.

ألاحظ من الشكل - بوجه عام - أن ذائبية الأملاح في الماء تزداد بزيادة درجة حرارة المحلول، وتفاوت هذه الزيادة من ملح لآخر، كما هو مبين في الشكل، فمنها ما تلاحظ زيادة ذائبيته على نحو كبير، مثل KNO_3 ، ومنها ما تزداد ذائبيته على نحو طفيف، مثل كلوريد الصوديوم في حين يلاحظ أن ذائبية الملح $Ce_2(SO_4)_3$ تقل بزيادة درجة الحرارة.

✓ **أتحقق:** ما مقدار ذائبية ملح KCl في الماء عند درجة 50°C ؟

أبحث: أرجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت، ثم أصمم تجربة لقياس تركيز أيون الكلوريد Cl^- في عينة من مياه الشرب، وأقارن النتيجة بالمواصفات الأردنية لمياه الشرب.

111

تعزيز:

- أعرض على الطلبة جدولًا يتضمن مواد وذائبيتها:

درجة الحرارة $^\circ\text{C}$	الذائبية $\text{g}/100\text{g H}_2\text{O}$				المادة
	0°C	20°C	40°C	60°C	
$^\circ\text{C}$	0.19	0.17	0.14	0.12	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
	128	144	162	176	KI
	1.54	1.33	1.17	1.01	Li_2CO_3
	122	216	311	440	AgNO_3

- أ طرح السؤال الآتي على الطلبة:

- ماذا يحدث لذائبية هذه المواد بزيادة درجة الحرارة؟

- أستمع لإجابات الطلبة المحتملة: (تزداد، تقل، لا تتغير) ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن بعض المواد تقل ذائبيته مثل $\text{Ca}(\text{OH})_2$ و Li_2CO_3 وبعضها تزداد ذائبيته مثل KI و AgNO_3

- أحضر كميتين متساويتين من الكيروسين والكحول الطبي، ثم أضع كل منهما في الماء، ثم أطلب إلى الطلبة وصف ما يحدث، ثم أشرح عليهم السؤالين الآتيين: أيهما يذوب في الماء وأيها لا يذوب؟ أيهما يكون طبقتين منفصلتين؟
- أناقش الطلبة للتوصل إلى أن (الكحول الطبي يذوب، والكيروسين لا يذوب، وأنه يتكون محلول متجانس في حالة الكحول والماء، وطبقتين منفصلتين في حالة الكيروسين والماء).

المناقشة:

- أستخدم إستراتيجية السقالات التعليمية، حيث أجزء الدرس إلى أجزاء صغيرة لتسهيل فهمها، وأكلف الطلبة إجابة الأسئلة الآتية:
 - أفسر ذوبان الإيثانول في الماء وعدم ذوبان البنزين؟
 - ما العوامل التي تعتمد ذائبية الغازات في الماء؟
 - ما أثر درجة الحرارة في ذائبية الغازات في الماء؟
- أدير نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى أن الإيثانول يذوب في الماء بسبب قطبية جزيئاته، مما يؤدي إلى امتزاجها وتكوين محلول متجانس. في حين أن البنزين غير قطبي، ولا يذوب في الماء؛ فلا يمتزج السائلين ويتكون طبقتين منفصلتين. ذائبية الغازات تعتمد على طبيعة الغاز المذاب ودرجة الحرارة وضغط الغاز. وبزيادة درجة الحرارة تقل ذائبية الغاز في الماء.

قراءة الجداول:

- أوجه الطلبة إلى قراءة الجدول (3) ثم أشرح عليهم السؤال الآتي:
 - ما العلاقة بين الكتلة المولية للغازات وذائبيتها في الماء؟ إجابة محتملة: تزداد الذائبية بزيادة الكتلة المولية.
- أدير نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى النتيجة الآتية: كلما كانت الكتلة المولية للغاز أكبر زادت ذائبته.

استخدام الصور والأشكال:

- أناقش الطلبة في الشكل (6)؛ مبينا لهم نقصان ذائبية الغاز بزيادة درجة الحرارة وتفاوت هذه الذائبية تبعاً لاختلاف الكتلة المولية للغاز.

إجابة سؤال الشكل (6):



محلول سائل في سائل:

تذوب بعض السوائل في الماء، في حين لا تذوب فيه سوائاً أخرى؛ فمثلاً يذوب فيه الإيثانول $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ لأن جزيئاته تمتلك خصائص قطبية فتعمل روابط قوية مع جزيئات الماء القطبية؛ ما يؤدي إلى امتزاجهما وتكوينهما محلولاً متجانساً. وفي المقابل لا يذوب البنزين C_6H_6 في الماء لأن جزيئاته لا تمتلك خصائص قطبية فلا يحدث تجاذب بينها وبين جزيئات الماء؛ لذا يكونان طبقتين منفصلتين، ولا يمتزجان.

محلول غاز في سائل:

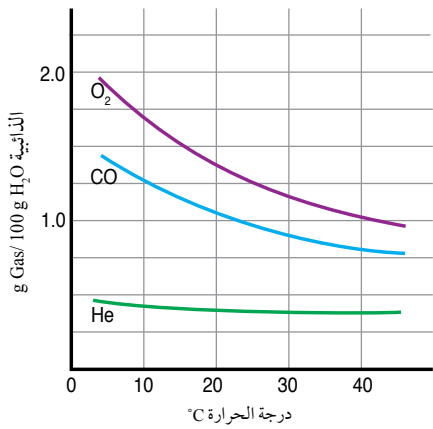
تتفاوت الغازات في ذائبيتها في الماء، ويعتمد ذلك على طبيعة الغاز المذاب ودرجة الحرارة وضغط الغاز. ويوضح الجدول (3) الكتلة المولية لبعض الغازات وذائبيتها في الماء.

بوجه عام، ذائبية العديد من الغازات منخفضة في الماء وتزداد بزيادة الكتلة المولية للغاز؛ ويعود ذلك إلى زيادة قوى التجاذب بين جسيمات الغاز وجزيئات الماء. ويوضح الشكل (6) أثر درجة الحرارة في ذائبية بعض الغازات؛ حيث تقل ذائبية الغازات في الماء بزيادة درجة الحرارة؛ إذ تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز وتتغلب على قوى التجاذب بينها وبين جزيئات الماء؛ ما يؤدي إلى انفلاتها ومغادرتها المحلول.

الجدول (3): الكتلة المولية لبعض الغازات وذائبيتها في الماء عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

الغاز	الكتلة المولية M_r (g/mol)	الذائبية g Gas / 100 g H ₂ O
N ₂	28	0.018
O ₂	32	0.040
CO ₂	44	0.140

أفكر: لماذا يختلف طعم ماء الشرب عند تسخينه؟



الشكل (6): أثر درجة الحرارة في ذائبية بعض الغازات.

أرتب الغازات في الشكل وفق ذائبيتها في الماء عند درجة حرارة 20°C.

أفكر: يعود الطعم المستساغ لماء الشرب بسبب احتواء الماء على كمية من غاز الأوكسجين المذاب فيه. وبارتفاع درجة حرارة الماء تقل ذائبية غاز الأوكسجين، ويغادر الماء مسبباً تغيراً في الطعم.

ذائبية الغازات

طريقة أخرى للتدريس

- أقسّم الطلبة في مجموعات.

- اعرض على الطلبة الجدول الآتي:

الغاز	الكتلة المولية للغاز	الذائبية عند درجة حرارة وضغط ثابتين
Ar	40	0.06
Cl ₂	71	7.0

- أطلب إلى كل مجموعة ترتيب الغازات وفق ذائبيتها.
- أكلف المجموعات بعرض النتائج التي توصلت إليها.
- أناقش الطلبة في ترتيب الغازات وفق ذائبيتها وكتلتها المولية للتوصل إلى $\text{Ar} < \text{Cl}_2$

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، ثم أطر عليهم السؤال الآتي:

- ما العلاقة بين ذائبية الغاز وضغطه؟ علاقة طردية.
- أتقبل إجابات الطلبة، وأبين لهم زيادة ذائبية الغاز في الماء بزيادة الضغط الجزئي للغاز.

المنافشة:

- أطر على الطلبة الأسئلة الآتية:
- ما المقصود بقانون هنري؟ قانون هنري (ذائبية الغاز في سائل ما تتناسب طردياً مع الضغط المؤثر في سطح السائل عند ثبات درجة الحرارة).
- ما العوامل التي يعتمد عليها قانون هنري؟ يعتمد على نوع الغاز ودرجة الحرارة.
- ما الصيغة الرياضية لقانون هنري؟
- أوجه الطلبة للرجوع إلى الكتاب لمتابعة الإجابات وهي: يعبر عنه بالقانون الآتي:

ذائبية الغاز = ثابت هنري × ضغط الغاز

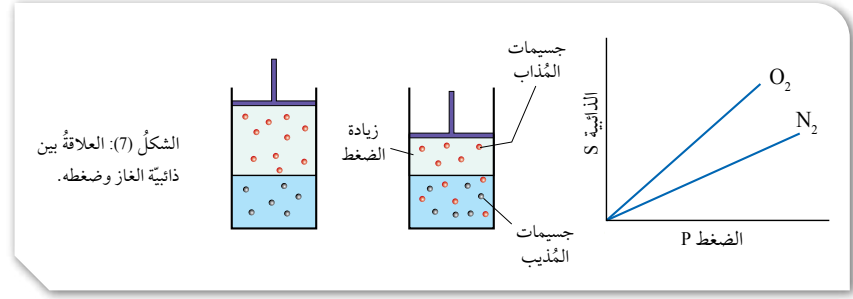
$$S = K_H \times P$$

ويمكن التعبير عنه:

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

- أوجه انتباه الطلبة إلى قراءة الفقرة الخاصة بعبوة المشروب الغازي، ثم أدير نقاشاً معهم؛ للتوصل إلى أن العبوة تحتوي على غاز CO₂ المذاب تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح العبوة يقل ضغط الغاز المذاب وتتصاعد فقاعاته.

113



كما تزداد ذائبية الغازات في الماء بزيادة الضغط الجزئي للغاز؛ فزيادة الضغط الخارجي فوق المحلول تزداد ذائبية الغاز في المذيب. وقد تمكن العالم هنري من إيجاد علاقة بين ذائبية الغاز وضغطه المؤثر في سطح السائل في ما يُعرف **بقانون هنري Henry's Law**، الذي ينص على أن «ذائبية الغاز في سائل ما تتناسب طردياً مع الضغط المؤثر في سطح السائل عند ثبات درجة الحرارة». أنظر الشكل (7)، الذي يوضح العلاقة بين ذائبية الغاز وضغطه. وتعتمد قيمة ثابت هنري على نوع الغاز ودرجة الحرارة؛ فمثلاً، تحتوي عبوة المشروب الغازي على كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ المذاب في الماء تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعندما تكون مغلقة فإن ضغط جسيمات الغاز فوق المحلول يعمل على إبقاء الغاز ذائباً فيه، وفي المقابل عند فتحها يقل ضغط الغاز المذاب ويُلاحظ تصاعد فقاعاته. ويُعبّر عن قانون هنري كما يأتي:

ذائبية الغاز = ثابت هنري × ضغط الغاز

$$S = K_H \times P$$

(S) ذائبية الغاز، وتُقاس بوحدة g/L

(P) ضغط الغاز، ويُقاس بوحدة atm

K_H ثابت هنري

ويمكن التعبير عن القانون عند درجة حرارة ثابتة بالصيغة:

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

(S₁) ذائبية الغاز عند ضغط (P₁)

(S₂) ذائبية الغاز عند ضغط (P₂)

معلومة إضافية

تحتوي الإسطوانة التي يحملها الغواص تحت الماء على غازي الاكسجين والنتروجين؛ وعندما يغوص إلى أعماق كبيرة يزداد الضغط المؤثر في جسم الغواص؛ فتزداد ذائبية غاز النتروجين في الدم، ويتجمع جزء من هذا الغاز في المفاصل مسبباً ألماً حاداً، وللتقليل من آثار هذه المشكلة يستخدم غاز الهيليوم بدل غاز النتروجين؛ لأنه أقل ذائبية من غاز النتروجين في الدم، لذلك تستخدم حالياً أسطوانات تحتوي على غازي الاكسجين والهيليوم.

ذائبة الفيتامينات في الماء

يحتاج جسم الكائن الحي إلى الفيتامينات للمحافظة على صحته وحمايته من الأمراض، وتُصنّف الفيتامينات بحسب قابليتها للذوبان في الماء أو الدهن؛ فالذائبة في الماء، مثل فيتامينات (C+B)، لا يستطيع الجسم تخزينها والاحتفاظ بها لوقت طويل؛ لذلك من الضروري تناول الوجبات اليومية المحتوية عليها، في حين أن الفيتامينات الذائبة في الدهون، مثل (A، D، K، E)، تمتصها الأمعاء بمساعدة الدهون، وهي تُخزن في الجسم فترة طويلة؛ ولذلك يُفضّل تناول فيتامين D -مثلاً- خلال وجبة تحتوي على الدهون.

المثال 1

إذا كانت ذائبة غاز ما في الماء عند درجة حرارة 25°C وضغط 1.5 atm هي 0.65 g/L ، فما ذائبة

عند ضغط 0.5 atm ؟

تحليل السؤال (المعطيات)

$$0.65\text{ g/L} = S_1$$

$$1.5\text{ atm} = P_1$$

$$0.5\text{ atm} = P_2$$

المطلوب: حساب ذائبة الغاز S_2

الحل: بالتعويض في القانون

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

$$\frac{0.65}{1.5} = \frac{S_2}{0.5}$$

$$S_2 = 0.217\text{ g/L}$$

✓ **أنتحق:** إذا كانت ذائبة غاز ما 0.15 g/L عند ضغط 1.02 atm ، فما ذائبة عند ضغط 2.10 atm ؟ علمًا أن درجة الحرارة ثابتة.

• أوجه الطلبة إلى قراءة موضوع الربط بالحياة قراءة صامته، ثم أدير نقاشًا معهم موضحًا لهم أن الفيتامينات صنف وفق قابليتها للذوبان في الماء أو الدهن، وأكلف كل طالب بعمل مقارنة بين الفيتامينات الذائبة في الماء والذائبة في الكحول، وكتابة تقرير بذلك وأحدد لهم موعدًا لعرضه في الغرفة الصفية.

المنافشة:

• أوجه الطلبة إلى دراسة المثال (1)، وأناقشه معهم، ثم أطلب إليهم حل المثال الإضافي.

مثال إضافي

إذا كانت ذائبة غاز ما في الماء عند درجة حرارة 25°C ، وضغط 3 atm هي 0.018 g/L ، فما ذائبة عند ضغط 1.5 atm ؟

المطلوب: حساب ذائبة الغاز S_2

الحل:

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

$$\frac{S_2}{1.5} = \frac{0.018}{3}$$

$$S_2 = 0.009\text{ g/L}$$

✓ **أنتحق:**

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

$$\frac{S_2}{2.1} = \frac{0.15}{1.02}$$

$$S_2 = 0.31\text{ g/L}$$

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن قانون هنري، وتطبيقاته، ثم أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

مراجعة الدرس

1 المخلوط المتجانس تنتشر جسيمات المذاب بشكل منتظم ومتماثل في أنحاء المذيب كافة، أما في المخلوط غير المتجانس لا تتمزج مكوناته امتزاجاً تاماً.

2 المخلوط المتجانس: يتكوّن من مادتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي، حيث تنتشر جسيمات المذاب بشكل منتظم ومتماثل في أنحاء المذيب كافة.

المخلوط غير المتجانس: يتكوّن من مادتين أو أكثر من المواد النقية، لا تتمزج مكوناتها امتزاجاً تاماً، حيث تحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية، وتبقى في المخلوط متميزة عن غيرها من المكونات.

الذائبية: أكبر كتلة من المذاب التي يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب (الماء) في درجة حرارة معينة. أو كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة.

المحلول	الغروي	المعلق	
0.1-1 nm	1-1000 nm	1000 ≤	حجم الجسيمات
لا يترشح	لا يترشح	يترشح	الترشيح
لا يشتت الضوء	يشتت الضوء	غالباً يشتت الضوء	تشتت الضوء

المحلول	التصنيف
العملة الفلزية	صلب
ثاني أكسيد الكربون في الهواء	غاز
كبريتات النحاس في الماء	سائل
محلول الايثانول	سائل

مراجعة الدرس

1 - الفكرة الرئيسية: أوضح الفرق بين المخاليط المتجانسة وغير المتجانسة.

2 - أوضح المقصود بكل من الآتي:

المخلوط المتجانس، المخلوط غير المتجانس، الذائبية.

3 - أقرن بين جسيمات المخلوط المعلق والمخلوط الغروي والمحلول، من حيث: حجمها، وفصلها بالترشيح، وتشتيتها بالضوء.

4 - أصنّف المحاليل الآتية تبعاً لحالة المذيب الفيزيائية إلى محاليل صلبة، وسائلة، وغازية:

العملة الفلزية، ثاني أكسيد الكربون في الهواء، كبريتات النحاس في الماء، محلول الايثانول.

5 - يبيّن الجدول الآتي ثلاثة غازات وكتلتها المولية عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة.

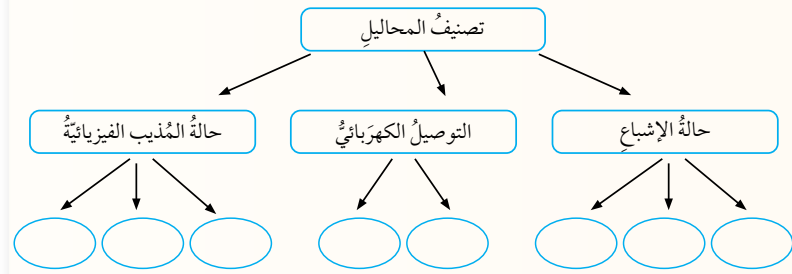
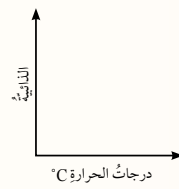
الغاز	A	B	C
الكتلة المولية g/mol	40	71	4

أ . أعدد الغاز الذي له أعلى ذائبية في الماء.

ب . أرسّم ثلاثة منحنيات تمثل ذائبية الغازات

الثلاثة عند درجات حرارة مختلفة.

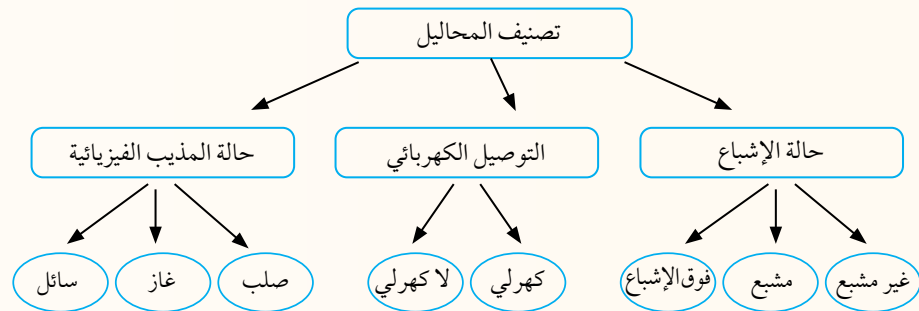
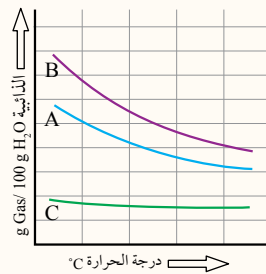
6 - أكمل المخطط المفاهيمي الآتي:



115

5 . أ . B

ب .



6

خصائص المحاليل
Properties of Solutions

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

- أوجه الطلبة إلى قراءة الفكرة الرئيسية، ثم أذكر لهم أن للمحاليل خصائص؛ الضغط البخاري، درجة الغليان، درجة التجمد، والضغط الأسموزي وأن هذا ما سيتم تعرفه في هذا الدرس.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أدير نقاشاً مع الطلبة حول ما تعلموه في صفوف سابقة عن المفاهيم؛ درجة الغليان، درجة التجمد، الضغط البخاري.

2 التدريس

المنافشة:

- أقسّم الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني.
- أدون الأسئلة الآتية على اللوح:
- على ماذا تعتمد الخصائص الفيزيائية للمذيب؟
- ما المقصود بالخصائص الجامعة للمحاليل؟
- أحدد للطلبة زمن 5 min للإجابة عن السؤال.
- أكلف المجموعات باختيار أحد أفرادها منها لعرض ما توصلت إليه مجموعته.

- أدير نقاشاً مع الطلبة؛ للتوصل إلى أن الخصائص الفيزيائية تعتمد على كمية المذاب ولا تعتمد على طبيعته، وأن هذه الخصائص يطلق عليها؛ الخصائص الجامعة للمحاليل، مثل الارتفاع في درجة الغليان. وأن الضغط البخاري للسائل هو الضغط الناتج عن جزيئات بخار السائل في وعاء مغلق عندما يكون في حالة اتزان مع جزيئات السائل عند درجة حرارة وضغط ثابتين، وعندما سرعة التبخر تساوي سرعة التكاثر. وعند إذابة مادة غير متطايرة في مذيب نقي متطاير ينخفض الضغط البخاري للمذيب.

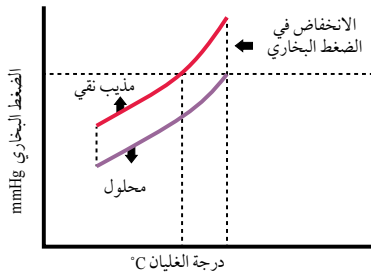
الخصائص الجامعة للمحاليل

Colligative Properties of Solutions

عرفت في ما سبق أن المحاليل تتكوّن من المذاب والمذيب، وقد وجد أن بعض خصائص المذيب الفيزيائية تتأثر بكمية الجسيمات المذابة فيه، ولا تعتمد على طبيعة المذاب، ويطلق على هذه الخصائص التي تتأثر بكمية المذاب اسم الخصائص الجامعة للمحاليل Colligative Properties of Solutions، مثل الارتفاع في درجة الغليان. فما الخصائص الجامعة للمحاليل؟

الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering

عرفت في ما سبق أن السائل يتبخّر عند أي درجة حرارة، وأن البخار الناتج يولّد ضغطاً على سطح السائل يسمى الضغط البخاري للسائل ويعرف بأنه الضغط الناتج من جزيئات بخار السائل في وعاء مغلق عندما يكون في حالة اتزان مع جزيئات السائل عند درجة حرارة وضغط ثابتين، وعندما تساوي سرعة التبخر سرعة التكاثر. وقد بينت التجارب أن الضغط البخاري لمذيب نقي متطاير ينخفض بإذابة مادة غير متطايرة فيه، وهذا ما يسمى الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering، ويمكن قياس مقدار هذا الانخفاض بحساب الفرق بين الضغط البخاري للمذيب النقي والضغط البخاري للمحلول عند درجة حرارة معيّنة. يوضّح الشكل (13) مقارنة بين الضغط البخاري لمحلول ومذيب نقي.



الفكرة الرئيسية:

للمحاليل خصائص عدّة، كالضغط البخاري ودرجة الغليان ودرجة التجمد والضغط الأسموزي.

نتائج التعلم:

- أستنتج الخصائص الجامعة للمحاليل (الضغط البخاري، درجة الغليان، درجة التجمد، الضغط الأسموزي).
- أجري حسابات لمعرفة درجة تجمد المحلول ودرجة غليانه.
- أفأرن بين أثر المركّبات الأيونية والجزئية في تغيير خصائص المذيب.
- أستقصي بعض التطبيقات العملية المرتبطة بخصائص المحاليل.

المفاهيم والمصطلحات:

- الخصائص الجامعة للمحاليل Colligative Properties of Solutions
- الانخفاض في الضغط البخاري Vapor Pressure Lowering
- الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation
- الانخفاض في درجة التجمد Freezing Point Depression
- الأسموزية Osmosis
- الضغط الأسموزي Osmotic Pressure

الشكل (13): الضغط البخاري لمحلول ومذيب نقي.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (13) للمقارنة بين درجة غليان المحلول والمذيب النقي، وملاحظة الانخفاض في الضغط البخاري. ثم أسألهم السؤال الآتي:
- كيف يمكن قياس مقدار الانخفاض في الضغط البخاري؟
- أدير نقاشاً مع الطلبة؛ للتوصل إلى أنه يتم حساب الفرق بين الضغط البخاري للمذيب النقي والضغط البخاري للمحلول عند درجة حرارة معيّنة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: المشاركة.

أشجع الطلبة على المشاركة والعمل بروح الفريق، بحيث يبذل كل فرد أقصى جهده لإتمام العمل بأعلى كفاءة؛ من أجل تحقيق الهدف الذي يجمعهم. وبذلك يتم تحديد دور ومهمة كل فرد من أفراد المجموعة.

◀ المناقشة:

- استخدم إستراتيجية الطاولة المستديرة، حيث أكتب ثلاثة أسئلة في أعلى ورقة فارغة، وأطلب إلى الطلبة إجابتها في دقيقتين، ويمررها أفراد المجموعة على الطاولة، ويضيف كل طالب إسهاماً في إجابة السؤال.
- لماذا يكون الضغط البخاري للمحلول أقل منه للمذيب النقي؟
- لماذا ينخفض الضغط البخاري بزيادة تركيز المحلول؟
- لماذا تكون درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان المذيب النقي؟

- أكلف كل مجموعة بعرض النتائج التي توصلت إليها، ثم أدير نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى أنه عند إذابة مادة غير متطايرة؛ فإن جزيئاتها سوف تحتل جزءاً من سطح المذيب، فيقل عدد جزيئات المذيب عند السطح ويقل تبخرها، إضافة إلى نشوء تجاذب بين بعض جسيمات المذيب وجسيمات المذاب، وهذا أيضاً يقلل عدد جسيمات المذيب، التي يمكنها أن تفلت من السطح لتتحول إلى الحالة الغازية، مقارنة بعدد جسيمات المذيب النقي المتبخرة، ونتيجة لذلك يقل الضغط البخاري للمحلول عنه للمذيب النقي. وعند وصول المذيب إلى درجة الغليان يكون الضغط البخاري أقل من الضغط الجوي؛ مما يتطلب زيادة درجة الحرارة. وكلما ازداد عدد جسيمات المذاب في حجم معين من المحلول يزداد تركيزه ويقل ضغطه البخاري؛ لذلك فالمحلول المركّز أقل ضغطاً بخارياً من المحلول المخفف.

أفكر: ما أثر الضغط الجوي في درجة غليان المحلول؟

الارتفاع في درجة الغليان Boiling Point Elevation

يتميز المذيب النقي بدرجة غليان وانصهار محدّتين عند ضغط جوي ثابت، ويغلي السائل عندما يصبح ضغطه البخاري مساوياً للضغط الجوي، فالماء النقي يبدأ بالغليان عند درجة حرارة 100°C ، ثم تثبت درجة غليانه عند هذه الدرجة، وعند إذابة مادة غير متأينة وغير متطايرة في الماء فإن المحلول يبدأ بالغليان على درجة أعلى من 100°C ؛ وبذلك فإن درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان المذيب النقي.

ويمكن تفسير ذلك بأن إضافة كمية من السكر (المذاب) ستجعل عدداً من جزيئاته تحتل جزءاً من مساحة سطح الماء (المذيب)؛ مما يقلل من جسيمات الماء على السطح، إضافة إلى نشوء تجاذب بين بعض جسيمات الماء وجسيمات السكر، وهذا أيضاً يقلل من عدد جسيمات الماء التي يمكنها أن تفلت من السطح لتتحول إلى الحالة الغازية، وبهذا سوف يقل الضغط البخاري للمحلول، وعند وصول المذيب إلى درجة الغليان يكون الضغط البخاري أقل من الضغط الجوي؛ مما يتطلب زيادة درجة الحرارة؛

توظيف التكنولوجيا

أوجه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية أو عروض تقديمية لفهوم الضغط البخاري للمذيب النقي والمحلول، وتدرج درجة الغليان لبعض المحاليل، وأحدد لهم موعداً لعرضه ومناقشته معهم.



◀ المناقشة:

● استخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أعدد لكل مجموعة الإجابة عن سؤال واحد من الأسئلة الآتية في 10 min، ثم تعرض المجموعة للإجابات، وأدير نقاشاً معهم لتأكيد الإجابات الصحيحة.

- ما المقصود بالارتفاع في درجة الغليان؟

الفرق بين درجة غليان المذيب النقي والمحلل

- لماذا تستخدم المولالية في التعبير عن الارتفاع في درجة الغليان؟

لأنه يعتمد على النسبة بين عدد جسيمات المذاب وعدد جسيمات المذيب، وليس على نسبة عدد جسيمات المذاب في حجم معين من المحلول.

- ما الصيغة الرياضية للتعبير عن الارتفاع في درجة الغليان؟

مقدار الارتفاع في درجة غليان المحلول يتناسب طردياً مع مولالية للمحلل، ويُعبّر عنه بالصيغة الرياضية:

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت × المولالية

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

- ما المقصود بثابت الارتفاع في درجة الغليان؟

مقدار الإرتفاع في درجة غليان المذيب عند إذابة 1 mol من المذاب في kg من المذيب النقي، وتعتمد قيمته على طبيعة المذيب.

◀ قراءة الجداول:

● أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (4)، ثم ناقشه معهم؛ للتوصل إلى اختلاف درجات غليان المذيبات السائلة باختلاف نوع السائل وبالتالي اختلاف ثابت الارتفاع في درجة غليان.

للتغلب على قوى التجاذب الناشئة بين جسيمات المذيب والمذاب كي يصل الضغط البخاري إلى الضغط الجوي، فتزداد درجة الغليان. ويسمى الفرق بين درجة غليان المذيب النقي والمحلل **الارتفاع في درجة الغليان** (ΔT_b) **Boiling Point Elevation**، وهو يتناسب طردياً مع النسبة بين عدد جسيمات المذاب وجسيمات المذيب في المحلول؛ ولذلك يُستخدم التركيز المولالي للمحلل للتعبير عن الارتفاع في درجة الغليان؛ لأنه يعتمد على النسبة بين عدد جسيمات المذاب وعدد جسيمات المذيب وليس على نسبة عدد جسيمات المذاب في حجم معين من المحلول، أما مقدار الارتفاع في درجة غليان المحلول فيتناسب طردياً مع التركيز المولالي للمحلل، ويُعبّر عنه بالصيغة الرياضية كما يأتي:

الارتفاع في درجة الغليان = ثابت × المولالية

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

ΔT_b الارتفاع في درجة الغليان.

K_b ثابت الارتفاع في درجة غليان المذيب.

m التركيز المولالي للمحلل.

$$\Delta T_b = T_2 - T_1$$

حيث T_2 درجة غليان المحلول و T_1 درجة غليان المذيب

يسمى (K_b) ثابت الارتفاع في درجة غليان المذيب السائل، ويساوي مقدار الارتفاع في درجة غليان المذيب عند إذابة 1 mol من المذاب في kg من المذيب النقي، وتعتمد قيمته على طبيعة المذيب. ويوضح الجدول (4) قيم ثابت الارتفاع في درجة الغليان لبعض المذيبات السائلة.

الجدول (4): قيم ثابت الارتفاع في درجة الغليان لبعض المذيبات السائلة.

المذيب	درجة الغليان °C عند ضغط جوي 1 atm	ثابت الارتفاع في درجة غليان المذيب K_b °C.kg/mol
الماء	100	0.52
الإيثانول	78.5	1.19
البنزين	80.1	2.53

132

إهداء للمعلم / للمعلمة

بعض السوائل وقيم ثابت الارتفاع في درجة الغليان:

حمض الأسيتيك: 3.07

سايكلو هكسان: 2.79

نيتروبنزين: 5.24

فينول: 3.56

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (14)، وأسألهم: ما الفرق بين نقطة بدء غليان الماء النقي (أ)، ومحلول مادة غير متأيّنة (ب)، ومحلول مادة متأيّنة (ج)، عند الظروف نفسها. **الإجابة: (ج) أعلى من (ب) أعلى من (أ)**

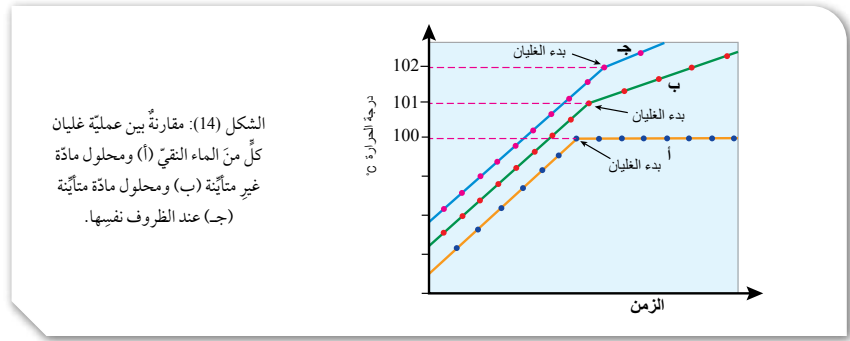
المناقشة:

- أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، فأوزّع الطلبة في مجموعات من (5-6) أفراد، ثم أوجههم إلى إجابة الأسئلة الآتية:

- لماذا لا تثبت درجة غليان المحلول أثناء الغليان؟
- ما العلاقة بين الارتفاع في درجة غليان المحلول وعدد جسيمات المذاب؟
- أيهما أعلى درجة غليان محلول كلوريد الصوديوم أم محلول السكر؟

- تعرض المجموعات ما توصلت اليه، ثم أدير نقاشاً معهم للتوصل إلى الإجابات الصحيحة: **عملية التبخر تؤدي إلى نقص كمية المذيب في المحلول، فيزداد تركيزه بمرور الوقت، ويقال بذلك عدد جسيمات المذيب القادرة على الإفلات من سطح السائل، كما يقل الضغط البخاري فتزداد درجة الغليان.** وبهذا فإن الارتفاع في درجة غليان المحلول يعتمد على عدد جسيمات المذاب، فكلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المحلول ازدادت درجة الغليان، ولذلك درجة غليان محلول المادة المتأيّنة NaCl أعلى منه لمحلول المادة غير المتأيّنة $C_6H_{12}O_6$ حيث يحتوي محلول كلوريد الصوديوم على عدد من الجسيمات أكبر من عددها في محلول السكر، كما هو موضح.

أفكر لأن المولالية لا تتأثر بتغير درجة حرارة المحلول، بينما يتغير التركيز المولاري بدرجة الحرارة بسبب تغير الحجم.

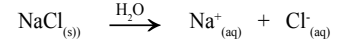
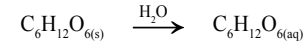


أفكر لماذا يُعبّر عن الارتفاع في درجة الغليان بدلالة المولالية وليس المولارية؟

يتضح من الشكل (14) أن درجة غليان المحلول لا تثبت في أثناء الغليان، بل تستمر في الارتفاع، ويمكن تفسير هذا الارتفاع بأن عملية التبخر تؤدي إلى نقص كمية المذيب في المحلول، فيزداد تركيزه بمرور الوقت، ويقال بذلك عدد جسيمات المذيب القادرة على الإفلات من سطح السائل، كما يقل الضغط البخاري فتزداد درجة الغليان. وبهذا يمكن استنتاج أن الارتفاع في درجة غليان المحلول يعتمد على عدد جسيمات المذاب، فكلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المحلول ازدادت درجة الغليان.

وينطبق الحال على المحلول الناتج من إذابة مادة متأيّنة، مثل كلوريد الصوديوم NaCl (غير متطايرة)، حيث تكون درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان المذيب النقي.

وعند المقارنة بين درجتي غليان محلولي المادتين المتأيّنة وغير المتأيّنة - عند التركيز نفسه -، نجد أن درجة غليان محلول المادة المتأيّنة (NaCl) أعلى منه لمحلول المادة غير المتأيّنة ($C_6H_{12}O_6$). ويمكن تفسير ذلك من خلال المعادلتين الآتيتين:



إذ يتضح من المعادلتين أن عدد الجسيمات في محلول NaCl أكثر منه في محلول $C_6H_{12}O_6$. وبما أن خواص المحلول تعتمد على عدد الجسيمات، فإن الارتفاع في درجة غليان محلول المادة المتأيّنة أعلى منه لمحلول المادة غير المتأيّنة.

معلومة إضافية

عند تفكك مادة أيونية في الماء؛ فإن الأيونات لا تكون حرة ومستقلة تماماً؛ إذ يسبب وجود الشحنات تجاذباً بين الأيونات، مما يؤدي إلى تقييد حركتها نسبياً. ففي المحلول الأيوني المركز تكون نسبة الأيونات فيه أقل من نسبتها في المحلول المخفف بسبب تجاذب أيوناته، لذلك يقل الارتفاع في درجة الغليان عما هو متوقع. ويفسر هذا الانحراف بالاعتماد على مدى تجاذب الأيونات مع بعضها بعضاً في المحلول، فكلما زاد تركيز الأيونات وزادت شحنتها اقتربت من بعضها بعضاً وازداد تجاذبها.

المثال 12

إذا علمتُ أنّ 18 g من السُّكَّر $C_6H_{12}O_6$ أُذِيبَ في 500 g من الماء النقيّ، فأحسبُ درجةً غليان المحلول الناتج. علمًا أنّ ثابتَ الارتفاع في درجة غليان الماء $0.52 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$ والكتلة الموليّة للسُّكَّر للمُذاب $Mr = 180 \text{ g/mol}$

تحليلُ السؤال (المعطيات)

كتلةُ المادّة المُذابة = 18 g

كتلةُ الماء النقيّ (المُذيب) = 500 g = 0.5 kg

ثابتُ الارتفاع في درجة غليان الماء = $0.52 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$

الكتلة الموليّة للمُذاب $Mr = 180 \text{ g/mol}$

المطلوب: حسابُ درجة غليان المحلول.

الحلّ:

أحسبُ عدد مولات المُذاب:

$$n = \frac{18 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{180 \text{ g}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$m = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.2 \text{ mol/kg}$$

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 0.52 \times 0.2 = 0.104 \text{ }^\circ\text{C}$$

درجةُ غليان المحلول T

$$T_2 = 100 + 0.104 = 100.104 \text{ }^\circ\text{C}$$

- أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم أوزع عليهم ورقة العمل (3) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحلّ وأحدد لهم 10 min، ثم أوجه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات؛ للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- أوجه الطلبة إلى دراسة المثال (12) وأناقشهم في الحلّ، وأكلّفهم بحلّ المثال الآتي:

مثال إضافي

أذِيب 36 g من السُّكَّر $C_6H_{12}O_6$ في 200 g من الماء النقيّ، أحسب درجة غليان المحلول الناتج. علمًا أنّ ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء $0.52 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$ والكتلة الموليّة للسُّكَّر المذاب $Mr = 180 \text{ g/mol}$

الحلّ:

أحسب عدد مولات المُذاب:

$$n = \frac{36 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{180 \text{ g/mol}} = 0.2 \text{ mol}$$

أحسب التركيز المولي للمحلول:

$$m = \frac{0.2 \text{ mol}}{0.2 \text{ kg}} = 1 \text{ mol/kg}$$

أحسب الارتفاع في درجة الغليان:

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 0.52 \times 1 = 0.52 \text{ }^\circ\text{C}$$

درجةُ غليان المحلول

$$T_2 = 100 + 0.52 = 100.52 \text{ }^\circ\text{C}$$

إذا علمت أن 5.85 g من NaCl أُذيب في 0.5 kg من الماء، فأحسب درجة غليان المحلول. علماً أن الكتلة المولية للمذاب ($M_r = 58.5 \text{ g/mol}$) وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء ($0.52 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$).

تحليل السؤال (المعطيات)

$$\text{كتلة المذاب} = 5.85 \text{ g}$$

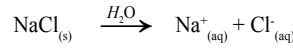
$$\text{كتلة المذيب} = 0.5 \text{ kg}$$

$$\text{الكتلة المولية للمذاب} = 58.5 \text{ g/mol}$$

$$\text{ثابت الارتفاع في درجة غليان الماء} = 0.52 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$$

المطلوب: حساب درجة غليان المحلول.

الحل:



$$\text{عدد مولات الأيونات} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{عدد مولات المذاب:}$$

$$n = \frac{5.85 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{58.5 \text{ g}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$\text{مولالية المحلول:}$$

$$m = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.2$$

$$\text{بما أن عدد الأيونات} = 2$$

$$\text{فإن التركيز المولالي}$$

$$2 \times 0.2 = 0.4 \text{ mol/kg}$$

ومنها أحسب الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 0.52 \times 0.4 = 0.208 \text{ }^\circ\text{C}$$

ومنه تساوي درجة غليان المحلول

$$T_2 = 100 + 0.208 = 100.208 \text{ }^\circ\text{C}$$

✓ **أتحقق:** أحسب مقدار الارتفاع في درجة غليان محلول تكوّن بإذابة 12 g من حمض الميثانويك HCOOH ($M_r = 46 \text{ g/mol}$) في 2 kg من الإيثانول. علماً أن ثابت الارتفاع في درجة غليان الإيثانول $1.19 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$.

135

المناقشة:

- أوجه الطلبة إلى دراسة المثال (13) وناقشهم في الحل، وأكلفهم بحل المثال الآتي:

مثال إضافي

أذيب 5.8 g من KF في 0.1 kg من الماء، أحسب درجة غليان المحلول. علماً أن الكتلة المولية للمذاب ($M_r = 58 \text{ g/mol}$) وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء ($0.52 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$).

الحل:



$$\text{عدد مولات الأيونات} = 2 \text{ mol}$$

عدد مولات المذاب:

$$n = \frac{5.8 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{58 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

مولالية المحلول:

$$m = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ kg}} = 1 \text{ mol/kg}$$

$$\text{بما أن عدد الأيونات} = 2$$

$$\text{فإن التركيز المولالي} = 2 \times 1 = 2 \text{ mol/kg}$$

ومنها أحسب الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = 0.52 \times 2 = 1.04 \text{ }^\circ\text{C}$$

ومنه درجة غليان المحلول

$$T_2 = 100 + 1.04 = 101.04 \text{ }^\circ\text{C}$$

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج

والمواد الدراسية

* مهارات التفكير (التحليل):

أخبر الطلبة أن مهارة التحليل نشاط عقلي يعبر عنه بالأداء أو الإجراء الذي يمارسه الإنسان، مثال ذلك؛ فهم كيفية حساب درجة غليان محاليل معلومة التركيز، سواء لمادة أيونية أو غير أيونية.

معلومة إضافية

الارتفاع في درجة غليان المحلول

أوضح للطلبة أن الارتفاع في درجة غليان المحلول يعتمد على عدد الأيونات الناتجة عن وحدة الصيغة، وهذا فإن التركيز المولالي الفعلي يعتمد على عدد الأيونات.

✓ **أتحقق:** حساب عدد مولات المذاب:

$$n = \frac{12 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} = 0.26 \text{ mol}$$

حساب التركيز المولالي للمحلول:

$$m = \frac{0.26 \text{ mol}}{2 \text{ Kg}} = 0.13 \text{ mol/kg}$$

حساب الارتفاع في درجة الغليان:

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 1.19 \times 0.13 = 0.15$$

المناقشة:

- استخدم إستراتيجية التعلم التعاوني؛ فأوزع الطلبة في مجموعات، ثم أوجههم إلى إجابة الأسئلة الآتية:
- كيف تعيق جسيمات المذاب تقارب جسيمات المذيب؟
- ما المقصود بكل من الانخفاض في درجة التجمد، وثابت الانخفاض؟
- ما الصيغة الرياضية للتعبير عن الانخفاض في درجة التجمد؟

● تعرض كل مجموعة ما توصلت اليه من إجابات.

● أدير نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة:

انتشار جسيمات المذاب بين جسيمات المذيب في المحلول، وكذلك يعمل التجاذب بين الجسيمات على تقليل التجاذب بين جسيمات المذيب نفسها، ومن ثمّ إعاقة تقارب الجسيمات من بعضها وانجذابها نحو بعضها بعضاً؛ للوصول إلى الحالة الصلبة عند درجة التجمد، فيلزم حينئذٍ انخفاض أكثر في درجة الحرارة، فتصبح أقلّ من درجة تجمد المذيب النقي، ويسمى الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي الانخفاض في درجة التجمد، وبهذا فإن درجة تجمد المحلول أقلّ من درجة تجمد المذيب النقي، ويتناسب مقدار الانخفاض في درجة تجمد المحلول طردياً مع التركيز المولالي للمحلول، ويُعبّر عنه بالصيغة الرياضية الآتية:

الانخفاض في درجة التجمد = ثابت × المولالية

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

يقاس ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب بإذابة 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب النقي، وتعتمد قيمة ثابت الانخفاض على طبيعة المذيب.

الانخفاض في درجة التجمد Freezing Point Depression

تنتشر جسيمات المذاب بين جسيمات المذيب في المحلول وتحتل حيزاً بينها؛ ما يعيق تقاربها وتجاذّبها، إضافةً إلى أن التجاذب الناشئ بين جسيمات المذاب والمذيب يعمل على التقليل من فرص التجاذب بين جسيمات المذيب نفسها، ومن ثمّ فإنّ جسيمات المذاب تُعيق تقارب الجسيمات من بعضها وانجذابها نحو بعضها للوصول إلى الحالة الصلبة عند درجة التجمد، فيلزم حينئذٍ انخفاض أكثر في درجة الحرارة، فتصبح أقلّ من درجة تجمد المذيب النقي حتى تتقارب جسيمات المذيب وتتجاذّب وتصل إلى حالة التجمد، ويسمى الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي الانخفاض في

درجة التجمد (ΔT_f) Freezing Point Depression. وبهذا نجد أنّ

درجة تجمد المحلول أقلّ من درجة تجمد المذيب النقي، ويتناسب مقدار الانخفاض في درجة تجمد المحلول طردياً مع التركيز المولالي للمحلول، ويُعبّر عنه بالصيغة الرياضية الآتية:

الانخفاض في درجة التجمد = ثابت × المولالية

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

ΔT_f الانخفاض في درجة التجمد.

K_f ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب.

m التركيز المولالي للمحلول.

$$\Delta T_f = T_2 - T_1$$

حيث T_2 درجة تجمد المحلول و T_1 درجة تجمد المذيب

ويُقاس ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب بإذابة 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب النقي، وتعتمد قيمة ثابت الانخفاض على طبيعة المذيب. ويوضح الجدول (5) قيم ثابت الانخفاض في درجة تجمد بعض المذيبات السائلة.

الجدول (5): قيم ثابت الانخفاض في درجة تجمد بعض المذيبات السائلة.

المذيب	درجة التجمد °C	ثابت الانخفاض في درجة تجمد المذيب K_f °C.kg/mol
الماء	0.0	1.86
الإيثانول	-114.1	1.99
البنزين	5.5	5.12

136

قراءة الجداول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (5)، ثم أناقشه معهم؛ للتوصل إلى اختلاف المذيبات السائلة في ثابت الانخفاض باختلاف نوع السائل.

بناء المفهوم:

الانخفاض في درجة الغليان

- أذكر الطلبة بما درسوه سابقاً عن استخدام بعض المواد في رشّها على الطرقات في فصل الشتاء؛ وذلك لمنع تجمد الماء حفاظاً على المركبات من خطر الانزلاق والحد من الحوادث.

إضاءة للمعلم / للمعلمة

بعض السوائل وقيم ثابت الانخفاض في درجة التجمد:

حمض الأستيك: 3.90

سايكلو هكسان: 20.2

نيتروبنزين: 7.0

فينول: 7.40

أحسب درجة التجمد لمحلول فلوريد الصوديوم NaF يحتوي على 0.42 g من المادة المذابة في 0.1 kg من الماء المقطر. علماً أن $(K_f = 1.86 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}, Mr = 42 \text{ g/mol})$.

تحليل السؤال (المعطيات)

كتلة المذاب = 0.42 g

كتلة المذيب = 0.1 kg

الكتلة المولية للمذاب = 42 g/mol

ثابت الانخفاض في درجة التجمد = $1.86 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$

المطلوب: حساب درجة تجمد المحلول

الحل:

أحسب عدد مولات المذاب

$$n = \frac{0.42 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{42 \text{ g}} = 0.01 \text{ mol}$$

أحسب التركيز المولالي للمحلول

$$m = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ kg}} = 0.1 \text{ mol/kg}$$

أحسب الانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_f = K_f \times m \\ = 1.86 \times 0.1 = 0.186$$

درجة تجمد المحلول

$$T_2 = 0.0 - 0.186 = -0.186 \text{ }^\circ\text{C}$$

✓ **أتحقّق:** أحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد لمحلول تكوّن بإذابة 0.1 mol من مادة غير متآينة في 400 g من البنزين. علماً أن ثابت الانخفاض في درجة تجمد البنزين $5.12 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$

المناقشة:

• أوجه الطلبة إلى دراسة المثال (14)، وناقشهم الحل وأكلّفهم بحل المثال الآتي:

مثال إضافي

• أحسب درجة تجمد محلول كلوريد الليثيوم LiCl يحتوي على 0.1 g من المادة المذابة في 0.01 kg من الماء المقطر، علماً أن ثابت الانخفاض في درجة التجمد $1.86 \text{ }^\circ\text{C.kg/mol}$

والكتلة المولية $(Mr = 42.5 \text{ g/mol})$

الحل:

أحسب عدد مولات المذاب

$$n = \frac{0.1 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{42.5 \text{ g/mol}} = 0.002 \text{ mol}$$

أحسب التركيز المولالي للمحلول

$$m = \frac{0.002 \text{ mol}}{0.01 \text{ kg}} = 0.2 \text{ mol/kg}$$

• حيث أن عدد الأيونات الناتجة عن تفكك الملح هو 2 فإن التركيز المولالي يساوي:

$$m = 0.2 \times 2 = 0.4 \text{ mol/Kg}$$

أحسب الانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_f = K_f \times m \\ = 1.86 \times 0.4 = 0.74$$

درجة تجمد المحلول

$$= 0.0 - 0.372 = -0.74 \text{ }^\circ\text{C}$$

✓ **أتحقّق:**

$$m = \frac{0.1 \text{ mol}}{0.4 \text{ kg}} = 0.25 \text{ mol/kg}$$

$$\Delta K_f = K_f \times m$$

$$\Delta K_f = 5.12 \times 0.25 = 1.28$$

إدانة للمعلم / للمعلمة

يحتوي المذيب النقي على نوع واحد من الجسيمات، في حين يحتوي المحلول على أكثر من نوع. لذلك تُعزى ظاهرة الانخفاض في درجة تجمد المحلول إلى الانتقال من حالة العشوائية (عدم ترتيب الجسيمات) إلى حالة تنظيم الجسيمات وترتيبها. وحتى يحدث ذلك؛ فإن المحلول يتخلص من بعض طاقته، لذلك تقل درجة غليانه مقارنة بالمذيب النقي.



الانخفاض في درجة التجمد

في البلدان التي يهطل فيها الثلج في أثناء فصل الشتاء، تُوضَع بعض المواد الكيميائية، مثل ملح كلوريد الصوديوم، على الطرقات حتى تقل درجة تجمد الماء؛ ما يؤدي إلى منع تراكم الثلوج على الطريق، فيقل خطر انزلاق المركبات التي تسير عليه.

التجربة 2

الانخفاض في درجة التجمد

المواد والأدوات:

كأسان زجاجيان سعة كل منهما 300 mL، جليد مجروش، ماء مُقَطَّر، ساق تحريك زجاجي، مقياس حرارة غير زئبقي، ملح الطعام NaCl الخشن، ميزان حساس. إرشادات السلامة: أرندي معطف المختبر والقفازين والنظارات الواقية.

خطوات العمل:

- 1- أقيس: أضغ 250 g من الجليد المجروش في كل كأس زجاجي.
- 2- أضيف إلى كل كأس 50 mL من الماء المُقَطَّر.
- 3- أقيس درجة حرارة خليط الجليد والماء في كل من الكأسين باستخدام مقياس الحرارة، وأسجل القراءة.
- 4- أحرّك بساق التحريك محتويات كل كأس مدة دقيقة ونصف حتى تصحح درجتا حرارة الكأسين متماثلتين، وأسجلها.
- 5- ألاحظ: أضيف 50 g من الملح إلى إحدى الكأسين، وأحرّك محتويات كل منهما، ثم أسجل درجة الحرارة عند ثباتها.

الاستنتاج والتحليل:

- 1- أقرن بين درجة حرارة الكأسين في الخطوة 5.
- 2- أفسر أثر أيونات الملح (Na^+ , Cl^-) الموجودة في المحلول في انخفاض درجة التجمد.

138

تقويم تجربة الانخفاض في درجة التجمد

أداة التقويم: قائمة رصد.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

الرقم	معيّار الأداء	نعم	لا
1	قياس الكتلة المطلوبة بدقة		
2	التوصل إلى نتائج صحيحة		
3	تفسير المشاهدات بشكل صحيح		

- أوجه الطلبة إلى قراءة صندوق الربط بالحياة ثم أناقشه معهم للتوصل كيفية تقليل خطر انزلاق المركبات على الطرق شتاء بوضع مواد كيميائية مثل كلوريد الصوديوم على الطرقات.

التجربة 2

الانخفاض في درجة التجمد

الهدف: استقصاء الانخفاض في درجة التجمد

زمن التنفيذ: 15 min.

إرشادات السلامة:

- أوجه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
 - أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
 - أوجه الطلبة إلى الحذر عند التعامل مع المواد الكيميائية.
- المهارات العلمية: القياس، الاستنتاج، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزع الطلبة في مجموعات ثم أكلّفهم بالعمل على تنفيذ التجربة.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّها ومرشداً وأتابع أداءهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوم أداءهم.
- أطلب إلى المجموعات تبادل البيانات التي حصلوا عليها، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. تكون درجة الحرارة في الكأسين صفراً في البداية. وعند وضع ملح في الكأس الآخر تنخفض درجة حرارة الماء والملح قليلاً، في حين تبقى ثابتة في الكأس الآخر. حيث درجة تجمد (أو انصهار) المحلول أقل منها للماء النقي.
2. يتناسب مقدار الانخفاض في درجة تجمد المحلول طردياً مع التركيز المولالي للمحلول، وحيث أن خواص المحلول تعتمد على عدد الجسيمات فإن مقدار الانخفاض سيكون الضعف؛ لأن التركيز الكلي لأيونات يساوي مجموع تركيز أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد التي تؤدي إلى خفض درجة التجمد.
3. يتناسب مقدار الانخفاض طردياً مع التركيز، ويعتمد على عدد الجسيمات.

المناقشة:

- استخدم إستراتيجية السقالات التعليمية، حيث أجزء الدرس إلى أربعة أجزاء، وأوجه إلى الطلبة الأسئلة الآتية، ثم أكلّفهم بالاجابة عنها بشكل فردي:

- ما المقصود بالأسموزية؟

- ما الدور الحيوي الذي تؤديه الاسموزية في الجسم؟

- ما وظيفة الأغشية الخلية؟

- ما المقصود بالضغط الاسموزي؟

- أتقبل اجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى

أن: الاسموزية عملية انتشار المذيب من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر أغشية شبه منفذة.

ودورها الحيوي في عمليات امتصاص الماء والغذاء من التربة، كما أن خلايا الدم الحمراء في جسم الإنسان

توجد في محلول متساوي التركيز مع وسط الخلية الداخلي، حتى لا تصاب بالامتلاء بالماء أو تنكمش

بسبب فقده؛ لذلك يُغذّى المرضى بتزويدهم بمحاليل الأملاح عن طريق الوريد بتركيز معين؛ حتى يبقى

المحلولان متساويين في التركيز. وبهذا فإن الأغشية شبه المنفذة تسمح بمرور جسيمات المذيب وتمنع مرور

جسيمات المذاب، ويسمى الضغط الذي يدفع المذيب النقي من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى

تركيزاً عبر غشاء شبه منفذ الضغط الاسموزي.

استخدام الصور والأشكال:

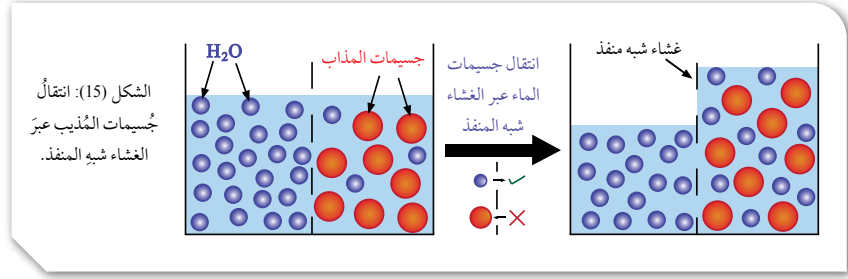
- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (15)، وأناقشه معهم

موضحاً لهم كيفية انتقال جسيمات المذيب عبر الغشاء شبه المنفذ.

✓ **أتحقّق:** الضغط الذي يدفع المذيب النقي من

الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر

غشاء شبه منفذ.



الشكل (15): انتقال جسيمات المذيب عبر الغشاء شبه المنفذ.

الضغط الاسموزي Osmotic Pressure

تسمى عملية انتشار المذيب من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر أغشية شبه منفذة **الاسموزية Osmosis**، التي تؤدي دوراً حيوياً في كثير من العمليات الحيوية في النباتات، مثل عمليات امتصاص الماء والغذاء من التربة، كما أن خلايا الدم الحمراء في جسم الإنسان توجد في محلول متساوي التركيز مع وسط الخلية الداخلي حتى لا تصاب بالامتلاء بالماء أو تنكمش بسبب فقده؛ لذلك يُغذّى المرضى بتزويدهم بمحاليل الأملاح عن طريق الوريد بتركيز معين؛ حتى يبقى المحلولان متساويين في التركيز. وبهذا فإن الأغشية شبه المنفذة تسمح بمرور جسيمات المذيب وتمنع مرور جسيمات المذاب، ويسمى الضغط الذي يدفع المذيب النقي من الوسط الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزاً عبر غشاء شبه منفذ **الضغط الاسموزي Osmotic Pressure**، وهو يُعدّ من الخصائص الجامعة للمحاليل، التي تعتمد على عدد جسيمات المذاب في كمية محددة من المحلول. يوضّح الشكل (15) انتقال جسيمات الماء عبر الغشاء شبه المنفذ.

الربط بالحياة

الاسموزية المعاكسة Reverse Osmosis

تعمل الاسموزية المعاكسة بطريقة معاكسة لطريقة الاسموزية، ويحدث ذلك عندما يجري التأثير في المحلول بضغط أكبر من الضغط الاسموزي؛ إذ تنتقل جسيمات المذيب حينذاك من المحلول إلى المذيب النقي خلال الغشاء شبه المنفذ. ومن التطبيقات العملية المتعلّقة بهذه الظاهرة تحلية مياه البحر.

✓ **أتحقّق:** ما المقصود بالضغط الاسموزي؟

الربط بالحياة

- أوجه الطلبة إلى قراءة فقرة الاسموزية المعاكسة وأسألهم السؤال الآتي: كيف تعمل الاسموزية المعاكسة؟ **إجابات محتملة:** عكس الاسموزية، انتقال المذيب من المحلول الأقل تركيزاً إلى الأعلى تركيزاً، انتقال المذيب من المحلول الأعلى تركيزاً إلى الأقل تركيزاً. أتقبل إجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى انتقال المذيب من المحلول إلى المذيب النقي، وهذه الظاهرة أهمية في تحلية مياه البحر.



- أوجه الطلبة للبحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن الخصائص

الجامعة للمحاليل (الضغط البخاري لمحلول مخفف ومركز، والإرتفاع في درجة

الغليان والإنخفاض في درجة التجمد)، وإعداد عرضاً قصيراً باستخدام برنامج

السكراتش Scratch وأحدد لهم موعداً لعرضه ومناقشته.

مراجعة الدرس

1 درجة غليان المحلول أعلى من درجة غليان المذيب النقي، ولكن الضغط البخاري للمحلول أقل منه للمذيب النقي.

2 الانخفاض في درجة التجمد: الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي.

الانخفاض في الضغط البخاري للمحلول: انخفض الضغط البخاري لمذيب نقي متطاير بإذابة مادة غير متطايرة فيه.

3 حساب عدد مولات المذاب:

$$n = \frac{3.33 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{111 \text{ g}} = 0.03 \text{ mol}$$

حساب التركيز المولي للمحلول:

$$m = \frac{0.03 \text{ mol}}{0.6 \text{ kg}} = 0.05 \text{ mol/kg}$$

حساب الارتفاع في درجة الغليان:

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_b = 0.52 \times 0.05 = 0.03$$

درجة غليان المحلول

$$= 100 + 0.03 = 100.03 \text{ }^\circ\text{C}$$

4 حساب التركيز المولي للمحلول:

$$m = \frac{2 \text{ mol}}{0.25 \text{ kg}} = 8 \text{ mol/kg}$$

حساب الانخفاض في درجة التجمد:

$$\Delta K_f = K_f \times m$$

$$= 1.99 \times 8 = 15.92$$

5 ثابت الارتفاع: K_b مقدار الارتفاع في درجة غليان

المذيب عند إذابة 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب النقي، وتعتمد قيمته على طبيعة المذيب.

ثابت الانخفاض: K_f مقدار الانخفاض في درجة تجمد

المذيب عند إذابة 1 mol من المذاب في 1 kg من المذيب

النقي. وتعتمد قيمته على طبيعة المذيب.

مراجعة الدرس

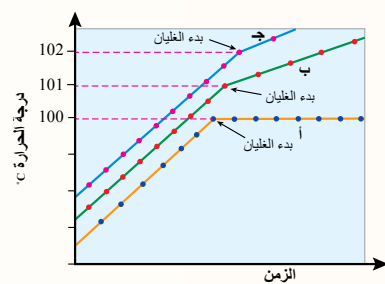
1 - الفكرة الرئيسية: أوضح العلاقة بين كل من الضغط البخاري للمحلول ودرجة غليانه مقارنة مع المذيب النقي.

2 - أوضح المقصود بكل من: الانخفاض في درجة التجمد، الانخفاض في الضغط البخاري للمحلول.

3 - أحسب درجة غليان المحلول الناتج من إذابة 3.33 g من CaCl_2 في 600 g من الماء النقي. علماً أن الكتلة المولية للمذاب ($M_r = 111 \text{ g/mol}$) وثابت الارتفاع في درجة غليان الماء ($0.52 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$).

4 - أحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد لمحلول حُضِرَ بإذابة 2 mol من مادة غير متأينة في 250 g من الإيثانول. علماً أن ثابت الانخفاض في درجة تجمد الإيثانول $1.99 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{kg/mol}$.

5 - أُميِّز بين ثابت الارتفاع في درجة الغليان وثابت الانخفاض في درجة التجمد.



6 - أستنتج من الشكل الآتي المنحنى الذي يمثل كلاً من:

الماء النقي، محلول مادة غير متأينة وغير متطايرة، محلول مادة متأينة وغير متطايرة.

6 أ. الماء النقي.

ب. محلول مادة غير متأينة وغير متطايرة.

ج. محلول مادة متأينة وغير متطايرة.

الإثراء والتوسع

محلول كلوريد الصوديوم NaCl

الهدف:

تعرف الاستخدامات الطبية لمحلول كلوريد الصوديوم

الإجراءات والتوجيهات:

- أوزع الطلبة في مجموعات، وأكلف كل مجموعة قراءة بند (الإثراء والتوسع) ومناقشته في ما بين أفرادها، والإجابة عن السؤالين الآتيين:

- ما أهمية محلول كلوريد الصوديوم في مجال الطب؟
إجابة محتملة: الجسم يحتاج إلى محاليل الأملاح حتى يؤدي وظائفه الحيوية.

- أدير نقاشًا مع الطلبة وأوضح لهم أن محلول كلوريد الصوديوم يدخل

- ما أهمية محاليل كلوريدات البوتاسيوم والكالسيوم في مجال الطب؟ يدخل في تركيب بعض العقاقير الطبية (مثل قطرات العيون ومعقّمات مجرى التنفس). ويستخدم باسم (Normal Saline) وبتركيز 0.9% بالكتلة في تعويض نقص السوائل في الجسم الناجم عن بعض المشكلات الصحية، مثل التهابات الأمعاء وحالات الإسهال الشديدة ونقص نسبة الصوديوم، وفي معالجة هبوط ضغط الدم الحاد، إضافة إلى استخدامه بتركيز منخفض في جهاز التبخير للتخلص من المخاط ولمعالجة التهاب القصبات الهوائية.

وأن محاليل كلوريدات البوتاسيوم والكالسيوم تؤدي إلى زيادة حجم سائل الجسم والمحافظة على تركيز الأيونات في الجسم نتيجة حدوث نزيف حاد وفقد كمية من الدم.

الإثراء والتوسع

محلول كلوريد الصوديوم NaCl

تستخدم المحاليل على نطاق واسع في مجالات الحياة اليومية، وهي تُنتج بما يناسب استخداماتها المتنوعة؛ ففي مجال الطب -مثلًا- يُستخدم محلول كلوريد الصوديوم NaCl بتركيز معين في تعقيم الجروح الموضعية والحروق، ويدخل في تركيب بعض العقاقير الطبية، كقطرات العيون ومعقّمات مجرى التنفس، كما يستخدم باسم (Normal Saline) وبتركيز 0.9% بالكتلة في تعويض نقص السوائل في الجسم الناجم عن بعض المشكلات الصحية، كالتهابات الأمعاء وحالات الإسهال الشديدة ونقص نسبة الصوديوم، وفي معالجة هبوط ضغط الدم الحاد، إضافة إلى استخدامه بتركيز منخفض في جهاز التبخير للتخلص من المخاط ولمعالجة التهاب القصبات الهوائية، ويُستخدم مزيج منه مع محاليل كلوريدات البوتاسيوم والكالسيوم بتركيز مختلف في زيادة حجم سائل الجسم والمحافظة على تركيز الأيونات في الجسم نتيجة حدوث نزيف حاد وفقد كمية من الدم.



141

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن استخدامات المحاليل الطبية، مثل محاليل رينجر Ringers Solutions، والمحاليل الغروية، مثل الألبومين، ومحلول Hess، والمحاليل الأسموزية، مثل المانيتول Mannitol، ثم أكتب تقريرًا بإشراف معلمي/معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/زميلاتي في الصف.

أبحث أوجه الطلبة بالرجوع إلى مصادر المعرفة المناسبة وكتابة تقرير عن استخدامات المحاليل الطبية، مثل محاليل رينجر Ringers Solutions، والمحاليل الغروية، مثل الألبومين، ومحلول Hess، والمحاليل الأسموزية، مثل المانيتول. وأحدد لهم موعدًا لمناقشته في الصف.

9. أَسْتَنْجُ قيمةَ (X) في الصيغة الجزيئية للكبريت S_x من المعلومات في الجدول الآتي:

المعلومات	القيَم
كتلة الكبريت S_x المُذاب	0.24 g
كتلة المُذيب CCl_4	100 g
الكتلة المولية للمُذاب Mr	32.1 g/mol
الانخفاض في درجة تجمد CCl_4	0.2 °C
ثابت انخفاض درجة تجمد CCl_4	29.8 °C.kg/mol

10. أُحْسِبُ درجةَ الغليان لمحلول تركيزه 0.06 mol/kg من K_2SO_4

11. أَسْتَنْجُ المحلول الذي له أعلى درجة غليان من المحاليل الآتية:

0.1 mol/kg NaCl, 0.1 mol/kg $C_6H_{12}O_6$,
0.08 mol/kg Na_2SO_4

12. أفسر: درجة غليان محلول المادة المتأينة أعلى منه لمحلول المادة غير المتأينة.

13. أَتَوَقَّعُ ترتيب المواد الآتية وفق الارتفاع في درجة غليان كل منها، علمًا بأن الانخفاض في درجة تجمدها هي:

A: -2.4
B: -1.3
C: -3.55

1. أَوْضِّحُ المقصودَ بكلِّ من الآتية: المولارية، المولالية، الذائبية، الارتفاع في درجة غليان المحلول، الضغط الأسموزي.

2. أَدْعِدُ العوامل التي تؤثر في ذائبية كل من: صلب في سائل، غاز في سائل.

3. أُحْسِبُ التركيز المولالي لمحلول من هيدروكسيد الصوديوم حجمه 100 mL وَحُضِّرَ بإذابة 3.5 g منه في كمية من الماء المُقَطَّر.

4. أُحْسِبُ كتلة حمض HCl الموجودة في حجم من المحلول مقدارُه 150 mL وتركيزه 0.15 M

5. أُحْسِبُ التركيز المولالي لمحلول من KOH تكوّن بإذابة 14 g منه في 112 g من الماء المُقَطَّر.

6. أَسْتَنْجُ الخطوات العملية لتحضير محلول من فلوريد البوتاسيوم KF تركيزه 0.25 mol/kg باستخدام 500 g من الماء المُقَطَّر.

7. أُحْسِبُ حجمَ الماء الذي تُلزِمُ إضافتهُ إلى 50 mL من محلول NaCl ذي التركيز 0.01 M ليصبح تركيزه 0.001 M

8. أُحْسِبُ الكتلة المولية لمادة غير متأينة وغير مُتطايرة كتلتها 0.64 أُدْيَيْتَ في 100 g من البنزين. علمًا أن درجة غليان المحلول الناتج 80.23 °C ودرجة غليان البنزين النقي 80.1 °C

142

12. عدد الجسيمات في محلول المادة المتأينة أكثر من المادة غير المتأينة، وبها أن خواص المحلول تعتمد على عدد الجسيمات؛ فإن درجة غليان محلول المادة المتأينة أعلى من غير المتأينة.

B < A < C

$$m = \frac{0.2}{29.8} = 0.0067 \text{ mol/kg}$$

حساب عدد مولات المذاب:

$$n = 0.0067 \times 0.1 = 0.00067$$

$$Mr = \frac{0.24}{0.00067} = 358.2 \text{ g/mol}$$

$$N = \frac{358.2 \text{ g/mol}}{32.1 \text{ g/mol}} = 11 \text{ atoms}$$

(للعلم جرى تحضير حلقات من عنصر الكبريت تتكون من 9 إلى 16 ذرة)

10. التركيز الكلي للأيونات

$$0.06 \times 3 = 0.18$$

$$\Delta T_b = 0.52 \times 0.18 = 0.09$$

$$T = 0.09 + 100 = 100.09 \text{ °C}$$

11. المحلول 0.08 mol/kg Na_2SO_4

1 المولارية: عدد مولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول.

المولالية: نسبة عدد مولات المذاب في 1 kg من المذيب الذائبية: أكبر كتلة من المذاب التي يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب في درجة حرارة معينة. أو كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة. الارتفاع في درجة غليان المحلول: الفرق بين درجة غليان المذيب النقي والمحلول.

الضغط الأسموزي: الضغط الذي يدفع المذيب النقي من الوسط الأقل تركيزًا إلى الوسط الأعلى تركيزًا عبر غشاء شبه منفذ.

2 صلب في سائل: طبيعة المادة وتعتمد على نوع قوى الترابط بين جسيماتها، درجة الحرارة.

غاز في سائل: طبيعة الغاز المذاب، درجة الحرارة، ضغط الغاز.

$$n = \frac{3.5 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.0875 \text{ mol}$$

$$M = \frac{0.0875 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.875 \text{ mol/L}$$

$$m = 0.15 \times 0.15 \times 36.5 = 0.82 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{14 \text{ g} \times 1 \text{ mol}}{56 \text{ g}} = 0.25 \text{ mol}$$

$$m = \frac{0.25 \text{ mol}}{0.112 \text{ kg}} = 2.2 \text{ mol/Kg}$$

6 - أخذ كتلة دقيقة من المادة باستخدام ميزان حساس (7.25 g).

- وضع الكتلة في كأس زجاجية، وإضافة كمية قليلة من الماء المقطر لها. وتحريكها إلى أن تذوب تمامًا.

- سكب المحلول الناتج في دورق حجمي مناسب.

- تكرار العملية مرات عدة بإضافة كمية قليلة من الماء المقطر إلى الكأس الزجاجي، وتحريك المحلول ثم سكبه في الدورق الحجمي إلى أن يقترب مستواه من العلامة على عنق الدورق (مع مراعاة كتلة الماء 500 g).

- إضافة ماء مقطر باستخدام قطارة حتى يصل المحلول إلى مستوى العلامة على عنق الدورق، ثم رج المحلول إلى أن يتجانس.

$$V = \frac{0.01 \times 50}{0.001} = 500 \text{ mL}$$

8 حساب التركيز المولالي للمحلول:

$$m = \frac{80.23 - 80.1}{2.61} = 0.0498 \text{ mol/kg}$$

حساب عدد مولات المذاب:

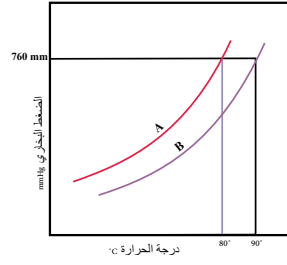
$$n = 0.0498 \times 0.1 = 0.00498$$

$$Mr = \frac{0.64}{0.00498} = 128.5 \text{ g/mol}$$

9 حساب التركيز المولالي للمحلول:

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

$$0.2 = 29.8 \times m$$



14. أستنتج من الشكل الآتي:

- أ. الزم الذي يشير إلى المذيب النقي، والمحلول.
ب. درجة الغليان التقريبية لكل منهما.

15. أرسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل جملة مما يأتي:

(1) أحد الآتي يُعدُّ محلولاً حقيقياً:

أ. الحليب (ب) السُّكَّر في الماء (ج) الطباشير في الماء (د) التراب في الماء

(2) المحلول الأقلُّ درجة تجمد عند التركيز نفسه 0.1 mol/kg، هو:

أ. NaCl (ب) K_2SO_4 (ج) $CaCl_2$ (د) $Al(NO_3)_3$

(3) عددٌ مولات LiOH الموجودة في 2 L من محلول تركيزه 0.04 M:

أ. 0.08 (ب) 0.06 (ج) 0.04 (د) 0.02

(4) الكسر الموليُّ للمركَّب X عند إذابة 6 mol منه في 72 g من الماء ($Mr = 16$ g/mol)، هو:

أ. 1.0 (ب) 0.6 (ج) 1.5 (د) 0.08

(5) أحد الآتي يُعدُّ مثلاً على المخروط المعلق:

أ. الطباشير في الماء (ب) الدَّم (ج) محلولُ كبريتات البوتاسيوم (د) الماء المُقطَّر

(6) العبارة الصحيحة في ما يتعلَّق بأقطار دقائق المُذاب في المحلول العَرَوِي، هي:

أ. أقلُّ من 1 nm (ب) أكبرُّ من 1000 nm (ج) من 1 nm – 1000 nm (د) صفر

(7) يُعدُّ محلولُ الزيت في الفضة مثلاً على محلول:

أ. صلب في سائل (ب) سائل في سائل (ج) صلب في غاز (د) سائل في صلب

(8) العبارة الصحيحة من العبارات الآتية، هي:

أ. يُكوِّن سائلاً الإيثانول والماء طبقتين منفصلتين. (ب) لا يذوب سائل حمض الإيثانويك في الماء.

ج. يمتزج سائلاً رابع كلوريد الكربون والماء. (د) يُكوِّن سائلاً البنزين والماء طبقتين منفصلتين.

14 أ. مذيب نقي A (عند 80)
ب. محلول B (عند 90)

15 (1) ب. السُّكَّر في الماء

(2) د. $Al(NO_3)_3$

(3) أ. 0.08

(4) ب. 0.6 ($Mr H_2O = 18$ g/mol)

(5) أ. الطباشير في الماء

(6) ج. من 1 nm – 1000 nm

(7) د. سائل في صلب

(8) د. يُكوِّن سائلاً البنزين والماء طبقتين منفصلتين

مراجعة الوحدة

(9) العبارة الصحيحة المتعلقة بمحلولي X لاهرلي، و Y كهربي لهما التركيزُ نفسه، هي:

أ . درجة غليان X أعلى من درجة غليان Y.

ب . درجة غليان X تساوي درجة غليان Y.

ج . ضغط X البخاري يساوي ضغط Y البخاري.

د . درجة تجمد X أعلى من درجة تجمد Y.

(10) محلول تركيزه 4% بالكتلة. يعني هذا أنه يتكوّن من:

أ . 4 g من المُذاب في 96 g من المُذيب.

ب . 4 g من المُذاب في 100 g من المُذيب.

ج . 0.4 g من المُذاب في 96 g من المُذيب.

د . 0.4 g من المُذاب في 100 g من المُذيب.

(11) سائلان لا يمتزجان معًا إذا كان:

أ . كلاهما جزيئاته تمتلك خصائص قطبية.

ب . كلاهما جزيئاته لا تمتلك خصائص قطبية.

ج . أحدهما له خصائص قطبية والآخر ليس له.

د . أحدهما الماء والآخر ميثانول CH_3OH .

(12) تكون حالة الجسيمات المنتشرة صلبة وحالة وسط الانتشار غازًا في:

أ . الضباب

ب . الرماد

ج . حجر الخفاف

د . الحليب

(9) د . درجة تجمد X أعلى من درجة تجمد Y

(10) أ . 4 g من المُذاب في 96 g من المُذيب

(11) ج . أحدهما له خصائص قطبية والآخر ليس له

(12) ب . الرماد