

حالات المادة States of Matter

6

الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

1-6 الغازات

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

2-6 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية تحدّد القوى بين الجزيئات ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية، حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

3-6 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسية لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

4-6 تغيرات الحالة الفيزيائية

الفكرة الرئيسية تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

حقائق كيميائية

- يحتوي مقياس اليود للحرارة على عدة جرامات من اليود داخل كرة محكمة الإغلاق.
- عندما ترتفع درجة حرارة الجو يتحوّل اليود مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.
- كلما ارتفعت درجة الحرارة أصبح اللون البنفسجي داكنًا أكثر.

بارد في المساء

ساخن في النهار

مقياس اليود للحرارة

نشاطات تمهيدية

حالات المادة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تلخيص المعلومات عن حالات المادة الثلاث.

المطويات

منظمات الأفكار



خطوة 1 اثن ورقة عند منتصفها طولياً، على أن تكون الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية 2 cm تقريباً.



خطوة 2 اطو الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.



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

خطوة 4 سمّ الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: غازية، سائلة، صلبة.



استخدم هذه المطوية في القسمين 1-6

3-6، ولخص المعلومات عن حالات المادة الثلاث كلاً منها تحت العنوان المناسب لها في أثناء قراءتك لهذين القسمين.

تقل مقاومة التدفق (اللزوجة) بزيادة درجة الحرارة فيقل الزمن الذي تستغرقه حركة الكرة في السائل أيضاً. ستتنوع تصاميم التجارب.

تجربة استهلاكية

كيف تؤثر السوائل المختلفة في سرعة كرة تتحرك فيها؟

تختلف السوائل في خواصها الفيزيائية؛ من حيث اللون والكثافة وسرعة الانسياب وغيرها. فمثلاً عصير المشمش، والعسل، وبعض الزيوت تتميز بأنها سوائل ثقيلة؛ إذ لا تنساب بسهولة مقارنة بالماء.



خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. املاً مخبراً مدرّجاً بـ 100 mL من الماء.
3. ثبت بمساعدة زميلك مسطرة رأسياً إزاء المخبر، ثم أسقط كرة زجاجية صغيرة (أو أي جسم كروي صغير) من النقطة المحددة على المسطرة فوق سطح الماء. استعن بساعة الإيقاف لحساب الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى قاع المخبر. سجل هذا الزمن في جدول البيانات.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 مرتين لحساب متوسط الزمن الذي تستغرقه الكرة حتى تصل إلى القاع.
5. كرّر الخطوات السابقة باستخدام سوائل مختلفة، مثل زيت الطعام.

التحليل

1. قارن بين متوسط زمن سقوط الكرة في السائلين. يجب أن يكون متوسط زمن حركة الكرة في الماء أقل من متوسط زمن حركة الكرة في الزيت.

2. استنتج العلاقة بين الزمن الذي سجلته في كل مرة، وبين مدى انسيابية السائل في أثناء سكه.

استقصاء كيف تؤثر درجة حرارة السائل في سرعة الكرة المتحركة فيه؟ كوّن فرضية، ثم صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

بما أن مقاومة تدفق الزيت أكبر (لزوجة أكبر) من الماء لذا فإن زمن حركة الكرة في الزيت أكبر من زمن حركة الكرة في الماء.



www.ien.edu.sa

6-1

الغازات Gases

الأهداف

- تستخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
- تصف تأثير الكتلة في سرعة الانتشار والتدفق.
- توضح كيفية قياس ضغط الغاز وحساب الضغط الجزيئي له.

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

الربط مع الحياة إذا نمت على مرتبة فيها هواء مضغوط فلا بد أنك ستلاحظ الفرق بينها وبين النوم على الأرض! ولا بد أنك شعرت بالدفع والراحة عندما استخدمت المرتبة التي اكتسبت خصائصها من خصائص جسيمات الهواء التي ضُغِطت في داخلها.

نظرية الحركة الجزيئية The Kinetic-Molecular Theory

لقد تعلمت سابقاً أن تركيب المادة (نوع الذرات المكونة) وبنيتها (ترتيب الذرات) يحددان الخصائص الكيميائية للمادة، كما أنها يؤثران في خصائصها الفيزيائية أيضاً. وبالاعتماد على المظهر الخارجي للمادة يمكنك التمييز بين الذهب والجرافيت والزلبقي، كما هو موضح في الشكل 6-1. وعلى النقيض من ذلك تبدي المواد التي تكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة خصائص فيزيائية متشابهة على الرغم من اختلاف بنيتها. فلماذا توجد اختلافات يسيرة بين سلوك الغازات؟ ولماذا تختلف الخصائص الفيزيائية للغازات عن خصائص المواد السائلة والصلبة؟

لقد عرف العلماء مع بداية القرن الثامن عشر كيف يمكن جمع النواتج الغازية عن طريق إحلالها محل الماء، ولكنهم يستطيعون الآن مراقبة كل غاز، وقياس خصائصه على حدة. اقترح الكيميائيان بولتزمان وماكسويل Boltzman and Maxwell عام 1860م - كل منهما على حدة - نموذجاً لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج بنظرية الحركة الجزيئية؛ وذلك لأن الغازات جميعها التي اختبرها بولتزمان وماكسويل تتكون من جسيمات؛ حيث للأجسام المتحركة طاقة تسمى طاقة حركية. وتصف نظرية الحركة الجزيئية سلوك المادة بالاعتماد على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات حول حجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقاتها.

مراجعة المفردات

الطاقة الحركية؛ الطاقة الناشئة عن الحركة.

المفردات الجديدة

- نظرية الحركة الجزيئية
- التصادم المرن
- درجة الحرارة
- الانتشار
- قانون جراهام للتدفق
- الضغط
- الضغط الجوي
- البارومتر
- المانومتر
- باسكال
- قانون دالتون للضغوط الجزئية



زئبق



جرافيت



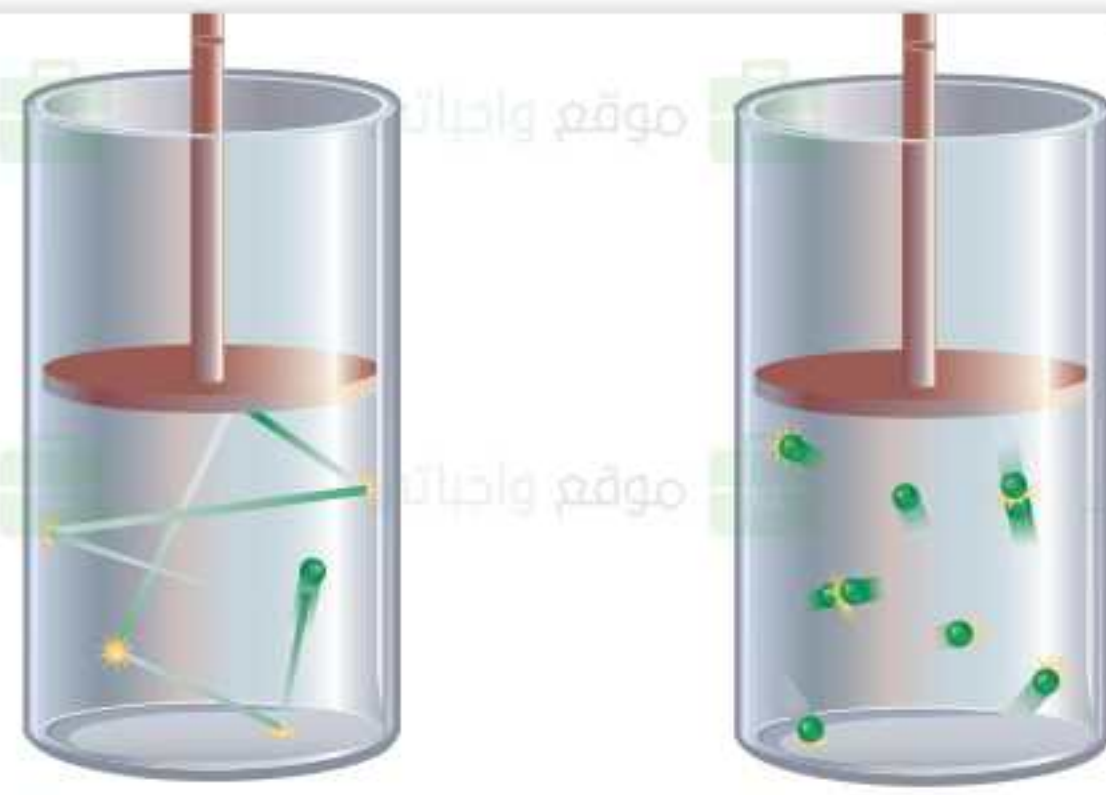
ذهب

الشكل 6-1 يمكن

التمييز بين بعض المواد بمجرد النظر إليها، ولكن هذا لا ينطبق على الكثير من الغازات.

الشكل 2-6 تنتقل الطاقة الحركية بين جسيمات الغاز في أثناء التصادم المرن فيما بينها.

فسر الأثر الذي تحدثه جسيمات الغاز بعضها في بعض بفعل التصادمات، وماذا يحدث للجسيمات بعد هذه التصادمات؟



بين التصادمات، لا تتأثر جسيمات

الغاز بأي قوى تجاذب أو تنافر ملحوظ، وذلك لأنها متباعدة جدًا بعضها عن بعض. وعندما تصادم جسيمات الغاز يكون هذا التصادم مرناً وتبقى الطاقة الحركية الكلية ثابتة.

حجم الجسيمات تتكون الغازات من جسيمات ذات حجوم صغيرة جدًا مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها.

حركة الجسيمات إن حركة جسيمات الغاز مستمرة وعشوائية، وتتحرك في خط مستقيم حتى تصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، كما يبين الشكل 2-6. وتعد التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة. وفي التصادم المرن لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

طاقة الجسيمات ينتج عن حركة الجسيمات طاقة حركية يحددها عاملان هما: كتلة الجسيم، وسرعته. ويمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم بالعلاقة الآتية:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث: KE = الطاقة الحركية، m = كتلة الجسيم، v = سرعة الجسيم المتجهة.

نجد أن جسيمات عينة من غاز ما لها الكتلة نفسها، إلا أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك تختلف كمية الطاقة الحركية لها. ولذا تستخدم درجة الحرارة مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة.

تفسير سلوك الغازات Explaining the Behavior of Gases

تساعد نظرية الحركة الجزيئية على تفسير سلوك الغازات؛ إذ تسمح حركة الجسيمات الدائمة مثلاً للغاز أن يتمدد حتى يملأ الوعاء الموجود فيه تمامًا، كما يحدث عند ملء كرة بالهواء، أو عند نفخ بالون بالهواء، حيث تنتشر جسيمات الغاز، وتوزع لتملأ الوعاء كله.

كثافة منخفضة تذكر أن الكثافة هي كتلة الجسم في وحدة الحجم، وأن كثافة غاز الكلور عند درجة حرارة 20°C تساوي $(2.95 \times 10^{-3} \text{ g/mL})$ ، وكثافة الذهب الصلب تساوي (19.3 g/mL) . لذا فإن كثافة الذهب تزيد على كثافة الكلور 6500 مرة تقريبًا. ولا يعود هذا الفرق الكبير بين الكثافتين إلى الاختلاف بين كتلة ذرات الذهب وجسيمات الكلور فقط، بل على وجود فراغ كبير بين جسيمات الغاز أيضًا، لذلك يكون عدد جسيمات الكلور أقل من عدد ذرات الذهب في الحجم نفسه كما تنص على ذلك نظرية الحركة الجزيئية.

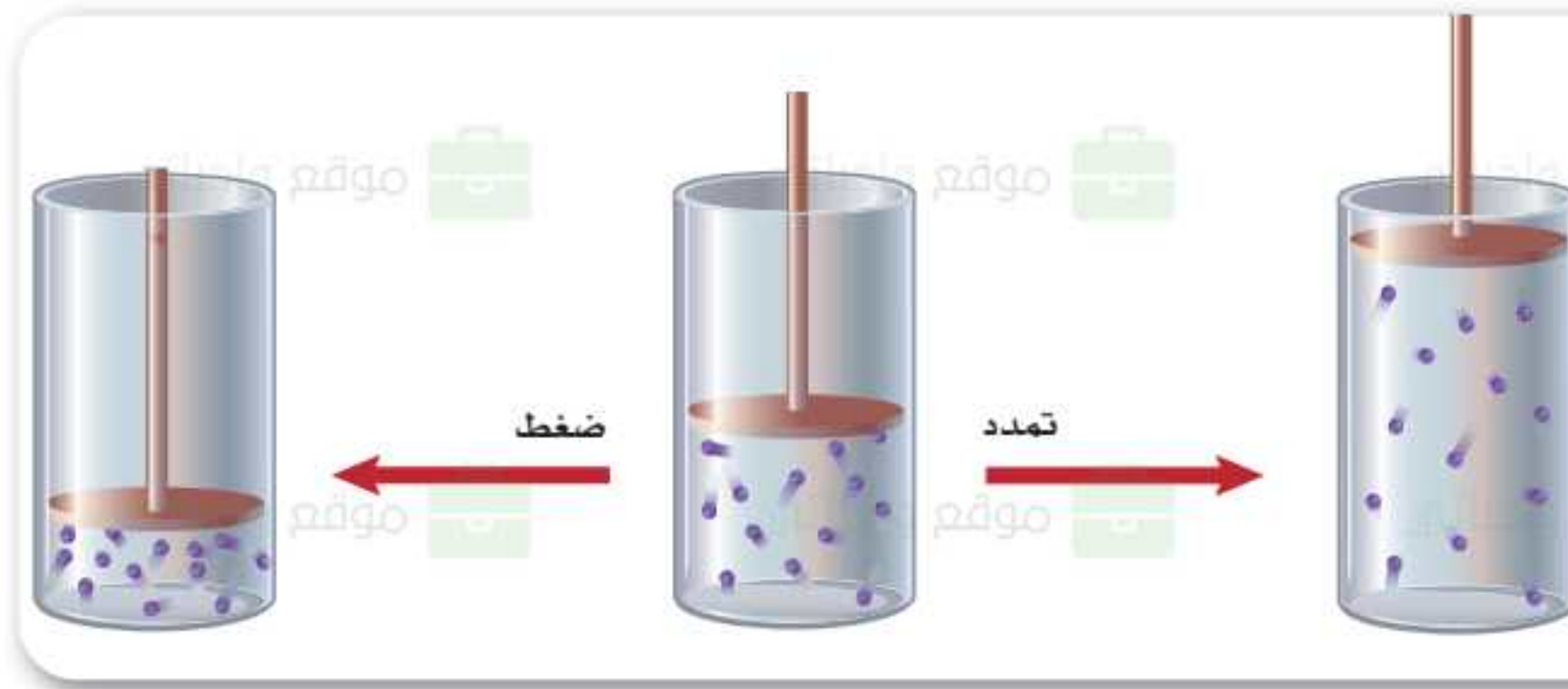
المفردات

أصل الكلمة

غاز/ (Gas)

يأتي أصلها من الكلمة اللاتينية

chaos، ومعناها فراغ.



الشكل 3-6 إن تمدد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.

اربط بين التغير في حجم الغاز وكثافة جسيماته في كل أسطوانة.

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

الانضغاط والتمدد إذا عصرت وسادة من البولسترين بالضغط عليها فإن حجمها يقل؛ وذلك لأن المسافة بين الجزيئات كبيرة جداً، فعند الضغط تبدأ الجزيئات بالتقارب، وبالتالي يقل الحجم، وعند التوقف عن الضغط وبفعل الحركة السريعة والعشوائية للجزيئات فإنها تتباعد بعضها عن بعض، وتزداد المسافات وتعود إلى وضعها الأصلي. ويوضح الشكل 3-6 ما يحدث لكثافة الغاز الموجود في وعاء في أثناء انضغاطه وتمدده.

الانتشار والتدفق وفقاً لنظرية الحركة الجزيئية، ونظراً لأن المسافة كبيرة بين الجزيئات، فإن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز تكاد تكون منعدمة. ولهذا تنتشر هذه الجسيمات بسهولة، ويكون المكان الذي ينتشر فيه الغاز في كثير من الأحيان مشغولاً بغاز آخر، وتتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغازات باختلاط بعضها ببعض، حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساوياً.

يصف **الانتشار** حركة تداخل المواد معاً، وقد يكون هذا المصطلح حديثاً، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيها في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عال (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي أرجاء المنزل).

أما التدفق فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير. فما الذي يحدث مثلاً عند ثقب إطار سيارة أو بالون؟ قام توماس جراهام في عام 1846م بإجراء تجربة لقياس معدل سرعة تدفق غازات مختلفة عند درجة الحرارة نفسها، وقد صمم تجربته بحيث تتدفق الغازات إلى مكان لا توجد فيه مادة. وقد اكتشف وجود علاقة عكسية بين معدل سرعة التدفق والكتلة المولية للغاز.

قانون جراهام للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

قانون جراهام:

$$\text{معدل التدفق} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{الكتلة المولية}}}$$

يتناسب معدل انتشار أو تدفق الغاز عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية له.

تعتمد سرعة الانتشار بالدرجة الأولى على كتلة الجسيمات؛ حيث تنتشر الجسيمات الخفيفة أسرع من الثقيلة. ويمكن وصف متوسط الطاقة الحركية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها بالمعادلة $KE = \frac{1}{2} mv^2$. ومع ذلك فإن كتلة جسيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. وحتى يكون للجسيمات الخفيفة متوسط الطاقة الحركية للجسيمات الثقيلة لا بد أن يكون نفس متوسط سرعاتها المتجهة أكبر. وينطبق قانون جراهام أيضاً على معدل سرعة الانتشار، وهذا منطقي؛ إذ تنتشر الجسيمات الثقيلة أبطأ من الجسيمات الخفيفة عند درجة الحرارة نفسها. يمكنك باستخدام قانون جراهام كتابة نسبة رياضية للمقارنة بين معدل انتشار غازين.

$$\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

✓ **ماذا قرأت؟** وضح لماذا يعتمد معدل الانتشار على كتلة الجسيمات؟

تنتشر الجسيمات الخفيفة بسرعة أكبر من الجسيمات الثقيلة لأنها تحتاج إلى طاقة أقل للحركة.

مثال 1-6

قانون جراهام إذا كانت الكتلة المولية للأمونيا هي 17.0 g/mol والكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين هي 36.5 g/mol ، فاحسب نسبة معدل انتشارهما.

1 تحليل المسألة المعطيات هي الكتل المولية لكل من الأمونيا وكلوريد الهيدروجين. ولإيجاد نسبة معدل انتشارهما استخدم معادلة قانون جراهام للتدفق.

المعطيات

الكتلة المولية لكلوريد الهيدروجين 36.5 g/mol HCl **المطلوب**
نسبة معدل الانتشار = ؟
الكتلة المولية للأمونيا $17.0 \text{ g/mol} = \text{NH}_3$

2 حساب المطلوب

اكتب نص النسبة المشتق من قانون جراهام

$$\frac{\text{معدل انتشار NH}_3}{\text{معدل انتشار HCl}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ HCl}}{\text{الكتلة المولية لـ NH}_3}}$$

$$1.47 = \sqrt{\frac{36.5 \text{ g/mol}}{17.0 \text{ g/mol}}}$$

$$1.47 = \text{نسبة معدل الانتشار}$$

عوّض عن الكتلة المولية لحمض

$$36.5 \text{ g/mol} = \text{HCl}$$

$$17.0 \text{ g/mol} = \text{NH}_3 \text{ والكتلة المولية لـ}$$

3 تقويم الإجابة

إن النسبة التقريبية 1.5 منطقية؛ حيث إن كتلة الأمونيا هي نصف كتلة كلوريد الهيدروجين. كما أن قيم الكتل المولية تحتوي على ثلاثة أرقام معنوية، وكذلك الإجابة. لاحظ أن وحدات القياس قد ألغيت بعضها بعضاً. وتكتب الإجابة في صورة صحيحة دون أي وحدة قياس.

مسائل تدريبية

1. احسب نسبة معدل التدفق لكل من النيتروجين N_2 والنيون Ne .
2. احسب نسبة معدل الانتشار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.
3. تحفيز ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol/min ؟

1. احسب نسبة معدل التدفق لكل من النيتروجين N_2 والنيون Ne.

$$\frac{\text{معدل انتشار } N_2}{\text{معدل انتشار Ne}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ Ne}}{\text{الكتلة المولية لـ } N_2}} = \sqrt{\frac{20.18}{28.02}} = 0.849$$

2. احسب نسبة معدل الانتشار لكل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.

$$\frac{\text{معدل انتشار CO}}{\text{معدل انتشار } CO_2} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ } CO_2}{\text{الكتلة المولية لـ CO}}} = \sqrt{\frac{44.01}{28.02}} = 1.25$$

3. تحفيز ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol/min ؟

$$\frac{\text{معدل تدفق X}}{3.6 \text{ mol/min}} = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\text{معدل تدفق X} = 2.5 \text{ mol/min}$$



قوة كبيرة على وحدة المساحة



قوة صغيرة على وحدة المساحة

الشكل 4-6 لأن العلاقة عكسية

بين الضغط والمساحة، فإن الأحذية ذات الكعب العالي تعمل على زيادة الضغط الواقع على السطح؛ لأن مساحة الكعب الملامسة للأرض صغيرة، بينما تتوزع قوة الضغط في الأحذية ذات النعل المسطح على مساحة أكبر.

استنتاج الموقع الذي يكون فيه الضغط أكبر ما يمكن بين الأرض والحذاء ذي الكعب العالي.

عند الكعب؛ لأن مساحته أقل.

ضغط الغاز Gas Pressure

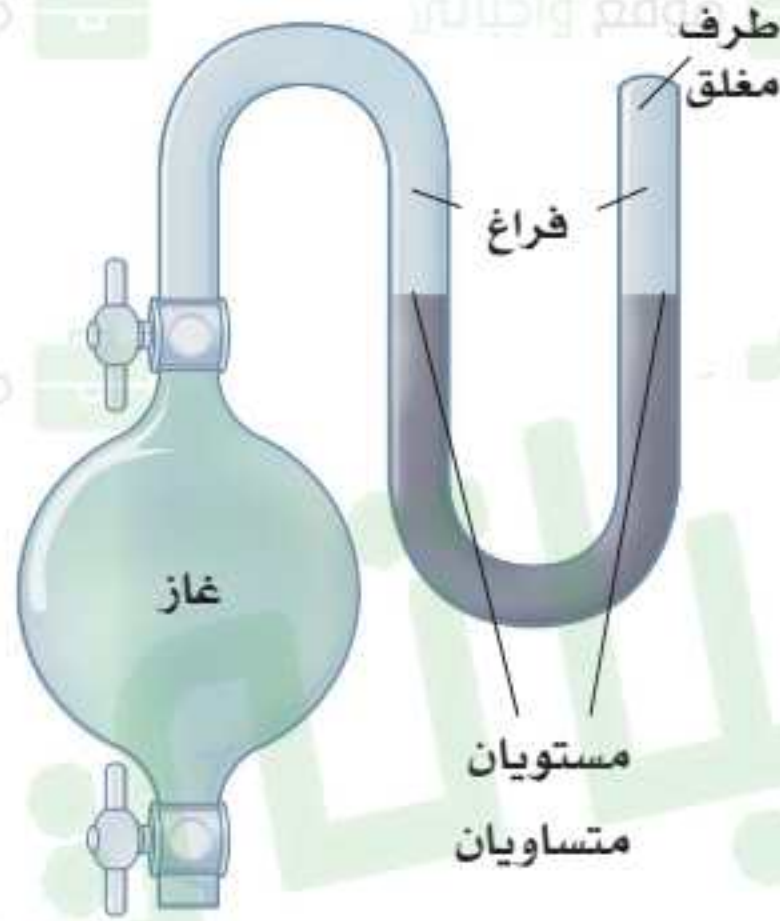
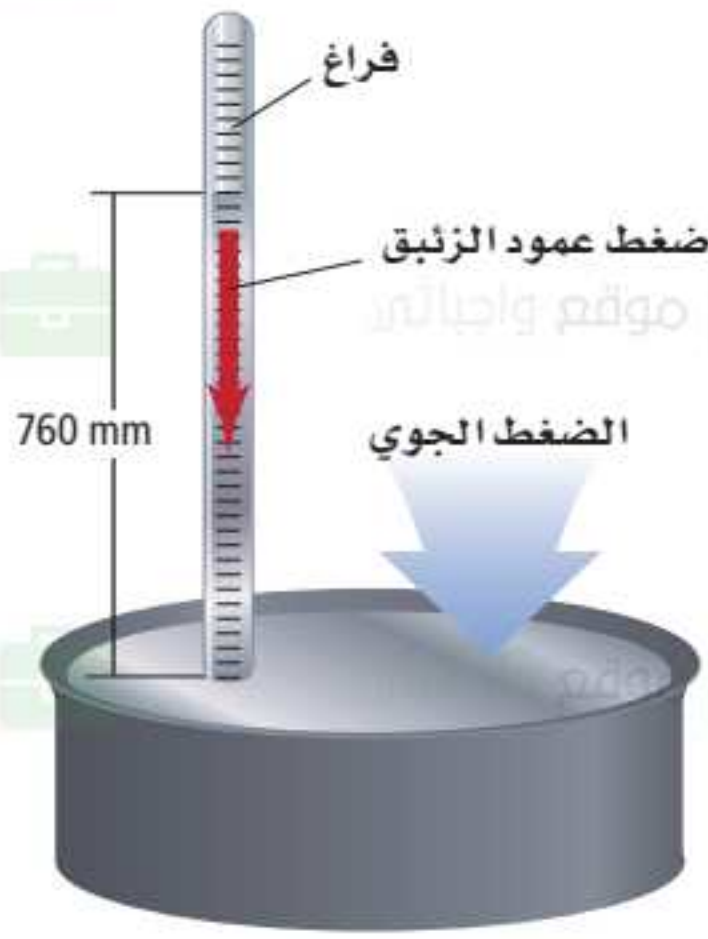
هل سبق أن شاهدت شخصًا يحاول المشي على الثلج أو الوحل أو على الأسفلت الساخن وهو ينتعل حذاءً له كعب عالٍ؟ من المحتمل أن تكون قد لاحظت غوص الكعب العالي في تلك السطوح اللينة. يوضح الشكل 4-6 سبب غوص قدم من ينتعل كعبًا عاليًا، بينما لا يكون الأمر كذلك لمن ينتعل نعلًا مسطحًا. وفي كلتا الحالتين يعتمد تأثير القوة الضاغطة على السطح اللين في كلتا الحالتين على كتلة الشخص؛ حيث تتوزع القوة الضاغطة على مساحة كبيرة في حالة انتعال حذاء مسطح النعل. ويعرف **الضغط** بأنه القوة الواقعة على وحدة المساحة. ولذلك يكون الضغط الواقع من الحذاء المسطح النعل على السطوح اللينة أقل من ضغط الحذاء ذي الكعب العالي.

تبذل جسيمات الغاز ضغطًا عندما تصطدم بجدران الوعاء المحصورة فيه. ولأن كتلة جسيم الغاز صغيرة فإن الضغط الذي تبذله هذه الكتلة صغير أيضًا. وعلى أي حال فإن الوعاء الذي سعته لتر يمكن أن يستوعب 10^{22} من جسيمات الغاز. وبهذا العدد من الجسيمات المحصورة معًا داخل الوعاء يكون الضغط الناشئ عن اصطدامها بالجدران كبيرًا.

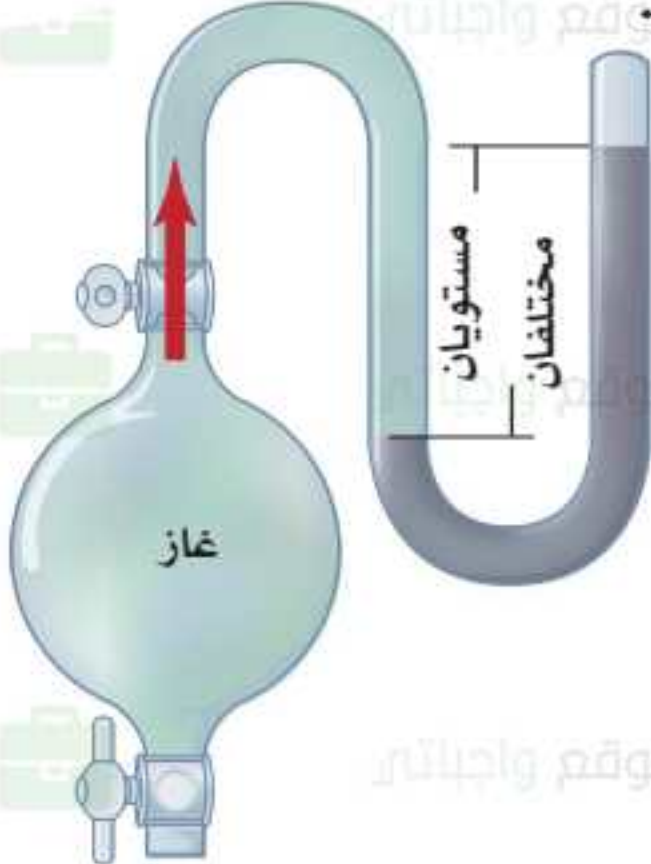
ضغط الهواء يحيط بالكرة الأرضية طبقة الغلاف الجوي التي تمتد مئات الكيلومترات نحو الفضاء. ولما كانت جسيمات الهواء تتحرك في كل اتجاه فإنها تبذل ضغطًا في كل الاتجاهات، وهو ما يعرف **بالضغط الجوي** أو ضغط الهواء. ويتفاوت هذا الضغط من مكان إلى آخر فوق سطح الأرض. ولأن تأثير الجاذبية في سطح الأرض كبير فإن جسيمات الهواء تكون كثيرة وقريبة من سطح الأرض، بينما تقل كلما ارتفعنا إلى أعلى؛ حيث يقل تأثير الجاذبية الأرضية هناك. ويكون عدد جسيمات الهواء فوق المرتفعات العالية أقل، فيسبب ضغطًا أقل من ضغط الأماكن المنخفضة، حيث يكون تركيز جسيمات الهواء فيها أكبر. ولذلك فإن ضغط الهواء في الأماكن المرتفعة أقل مما هو عند مستوى سطح البحر. ويبلغ الضغط الجوي عند سطح البحر كيلوجرامًا لكل سنتيمتر مربع تقريبًا.

الشكل 5-6 كان تورشلي أول من صمم

جهازاً يبين أن للغلاف الجوي ضغطاً.



يكون مستوى ارتفاع الزئبق هو نفسه في طرفي الأنبوب قبل دخول الغاز.



يصبح مستويا ارتفاع الزئبق غير متساويين في طرفي الأنبوب عند دخول الغاز.

الشكل 6-6 المانومتر جهاز يقيس ضغط الغاز المحصور.

قياس الضغط الجوي لقد كان عالم الفيزياء الإيطالي تورشلي (1608-1647م) أول من أثبت وجود ضغط للهواء؛ فقد لاحظ أن مضخة الماء لا يمكنها أن تضخ الماء إلى ارتفاع يتجاوز عشرة أمتار. وقد افترض أن ارتفاع السائل في أنبوب يختلف باختلاف كثافته. ولاختبار هذه الفرضية صمم تورشلي جهازاً، كما هو موضح في الشكل 5-6، حيث ملأ أنبوباً زجاجياً رفيعاً مغلقاً من أحد طرفيه بالزئبق، وأغلق الطرف المفتوح بإبهامه لكيلا يسمح للهواء بالدخول، ثم نكس الأنبوب فوق حوض مملوء بالزئبق، ولاحظ انخفاض عمود الزئبق في الأنبوب 76 cm تقريباً. وهذا يؤيد فرضية تورشلي؛ لأن كثافة الزئبق أكبر من كثافة الماء أربع عشرة مرة تقريباً، وبناءً على تجربة تورشلي يعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود من الزئبق طوله 76cm.

البارومتر يدعى الجهاز الذي صممه تورشلي **البارومتر**، وهو أداة تستخدم لقياس الضغط الجوي. وكما أوضح تورشلي، فإن ارتفاع مستوى الزئبق في البارومتر عند سطح البحر يساوي 760 mm تقريباً. ويحدد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهما الجاذبية الأرضية المؤثرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أسفل، والأخرى القوة المعارضة للجاذبية، واتجاهها إلى أعلى، وتكون بفعل الهواء الضاغط على سطح الزئبق إلى أسفل. ويتغير ضغط الهواء بتغير درجة حرارة ورطوبة الجو.

المانومتر أداة تستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور، ويتكون من دورق متصل بأنبوب على شكل U مملوء بالزئبق، كما هو موضح في الشكل 6-6. وعند فتح الصمام الفاصل بين الدورق والأنبوب تنتشر جسيمات الغاز من الدورق إلى الأنبوب، وتعمل الجسيمات المتدفقة على دفع الزئبق إلى أسفل الأنبوب. ويتم إيجاد ضغط الغاز في الدورق عن طريق حساب الفرق في ارتفاع مستوى الزئبق في طرفي الأنبوب.

وحدات قياس الضغط إن وحدة قياس الضغط هي باسكال (Pa) نسبة إلى العالم الرياضي والفيلسوف الفرنسي باسكال (1623-1962م). وقد اشتقت وحدة باسكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة باسكال مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع ($1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$). وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط. فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرطال لكل بوصة مربعة (psi)، ويسجل الضغط المقيس باستخدام البارومترات أو المانومترات بالملمترات الزئبقية (mmHg). وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).

ويصل متوسط ضغط الهواء عند سطح البحر وعند درجة حرارة 0°C إلى 101.3 kPa . ويسجل ضغط الهواء في العادة بوحدة قياس تعرف بالضغط الجوي (atm)، حيث يساوي 760 mm Hg أو 760 torr أو 101.3 kPa . ويقارن الجدول 1-6 بين وحدات القياس المختلفة للضغط.

الجدول 1-6 مقارنة بين وحدات قياس الضغط		
الوحدة	العدد المساوي لـ 1 atm	العدد المساوي لـ 1 kPa
كيلو باسكال (kPa)	101.3 kPa	—
الضغط الجوي (atm)	—	0.009869 atm
ملمترات زئبق (mm Hg)	760 mm Hg	7.501 mm Hg
تور (torr)	760 torr	7.501 torr
رطل/بوصة مربعة (psi or lb/in ²)	14.7 psi	0.145 psi
بار (bar)	1.01 bar	100 kPa

مختبر تحليل البيانات

عمل الرسوم البيانية واستخدامها.

ما العلاقة بين عمق الغطس وارتفاع مستوى الماء عن سطح البحر؟

يغوص معظم الغطاسين في مواقع تقع عند مستوى سطح البحر أو قريبة منه، إلا أن الغطاسين في ساسكاتشوان وألبرتا وكولومبيا البريطانية (كندا) وكذلك في المناطق الشمالية الغربية من الولايات المتحدة يغوصون في مناطق مرتفعة عن مستوى سطح البحر.

التفكير الناقد

1. قارن استخدم البيانات الواردة في الجدول لعمل رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع.
2. احسب عمق غطسك الحقيقي إذا كان مقياس العمق يشير إلى 18 m ولكنك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علماً بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟

3. حلّ تستخدم جداول الغطس لتحديد زمن الأمان للغطاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. فما أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

البيانات والملاحظات

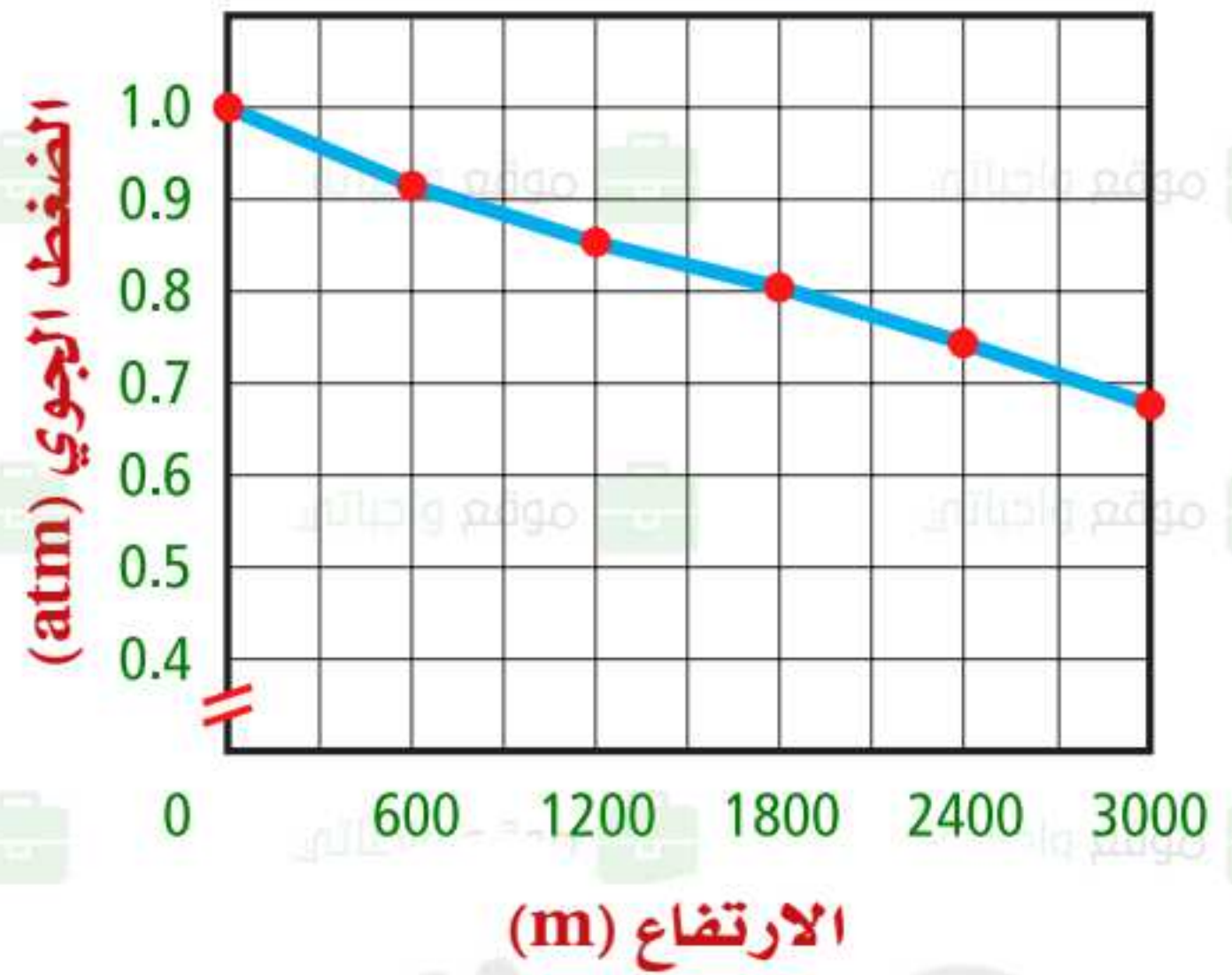
يبين الجدول الآتي معامل تصحيح مقياس الضغط للغطس في مناطق مرتفعة عن سطح البحر.

معامل تصحيح الغطس		
الارتفاع (m)	الضغط الجوي (atm)	معامل تصحيح مقياس الضغط (m)
0	1.000	0.0
600	0.930	0.7
1200	0.864	1.4
1800	0.801	2.0
2400	0.743	2.7
3000	0.688	3.2

* أخذت البيانات من Swatzky D 2000. الغوص على المرتفعات، الجزء الأول. مجلة الغطاس يونيو 2000.

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

الضغط الجوي مقابل الارتفاع



2. احسب عمق غطسك الحقيقي إذا كان مقياس العمق يشير إلى 18 m ولكنك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علماً بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟

$$18m + 2m = 20m$$

3. حلّ تستخدم جداول الغطس لتحديد زمن الأمان للغطاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. فما أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

يرتبط الزمن الآمن للبقاء تحت الماء مباشرة

مع عمق الغوص.

وإذا لم تكن على علم ومعرفة بعمق الغطس،

فلا يمكنك تحديد الزمن الآمن للبقاء عند

عمق معين.

قانون دالتون للضغوط الجزئية وجد دالتون Dalton في أثناء دراسته لخصائص

الغازات أن لكل غاز في خليط من الغازات ضغطاً خاصاً به. ويوضح الشكل 6-7 قانون دالتون للضغوط الجزئية، وينص على أن الضغط الكلي لخليط من الغاز يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له. وتعرف نسبة ضغط كل غاز من الضغط الكلي بالضغط الجزئي للغاز. ويعتمد الضغط الجزئي للغاز على عدد مولاته، وحجم الوعاء، ودرجة حرارة خليط الغازات، ولكنه لا يعتمد على نوع الغاز. ويكون الضغط الجزئي لمول واحد من أي غاز عند درجة حرارة وضغط معينين هو نفسه. ويلخص قانون دالتون بالمعادلة الموضحة أدناه:

قانون دالتون للضغوط الجزئية للغازات

P_{total} تمثل مجموع الضغوط (الضغط الكلي)

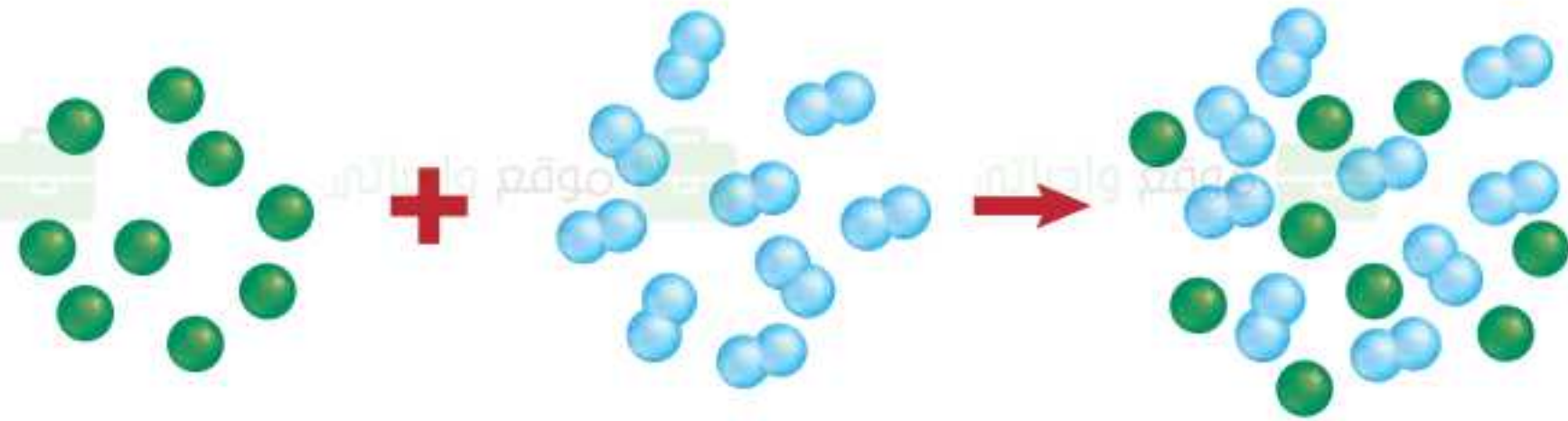
P_1 و P_2 و P_3 تمثل الضغوط الجزئية للغازات وحتى

الضغط الجزئي لآخر غاز في الخليط P_n

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

لحساب الضغط الكلي لخليط الغازات أضف الضغوط الجزئية إلى كل الغازات معاً.

انظر إلى الشكل 6-7. ماذا يحدث عند وضع 1 mol من الهيليوم مع 1 mol من النيتروجين في وعاء مغلق؟ لأنه لم يحدث تغيير في حجم كل من الغازين وعدد جسيماتها فإن الضغط الكلي يكون مساوياً لمجموع الضغط الجزئي لكل منهما.



1 mol He
 P_1

1 mol N₂
 P_2

1 mol He + 1 mol N₂
 P_{Total}

الشكل 6-7 عند خلط الغازات، يكون الضغط الكلي للخليط مساوياً لمجموع الضغوط الجزئية للغازات في الخليط.

حدد كيف تقارن بين الضغوط الجزئية لغازي النيتروجين والهيليوم لكمية 1 mol من كل منهما تم ضغطها داخل وعاء مغلق؟

سيكون لها الضغط نفسه؛ فهي

غازات لها عدد المولات نفسه عند نفس درجة الحرارة والحجم.

الضغط الجزئي للغاز إذا كان الضغط الكلي لخليط من الغازات مكوناً من الأكسجين O_2 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والنتروجين N_2 يساوي 0.97 atm، فاحسب الضغط الجزئي للأكسجين، علماً بأن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 0.70 atm وللنتروجين (0.12 atm).

1 تحليل المسألة أعطيت الضغط الكلي لخليط الغازات والضغط الجزئي للغازين. ولإيجاد الضغط الجزئي للغاز الثالث في الخليط استخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية.

المطلوب
 $P_{O_2} = ? \text{ atm}$

المعطيات

$$\begin{aligned} P_{N_2} &= 0.12 \text{ atm} \\ P_{CO_2} &= 0.70 \text{ atm} \\ P_{\text{total}} &= 0.97 \text{ atm} \end{aligned}$$

2 حساب المطلوب

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

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

$$P_{O_2} = 0.97 \text{ atm} - 0.70 \text{ atm} - 0.12 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 0.15 \text{ atm}$$

اكتب قانون دالتون للضغوط الجزئية

حل لإيجاد P_{O_2}

$$\begin{aligned} P_{N_2} &= 0.12 \text{ atm}, P_{CO_2} = 0.70 \text{ atm}, P_{\text{total}} = 0.97 \text{ atm} \\ P_{O_2} &= 0.15 \text{ atm} \end{aligned}$$

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

مسائل تدريبية

4. احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علماً بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.

$$600 \text{ mm Hg} - 439 \text{ mm Hg} = 161 \text{ mm Hg}$$

5. أوجد الضغط الكلي لخليط غاز مكون من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و 4.56 kPa و 3.02 kPa و 1.20 kPa.

$$\begin{aligned} 1.20 \text{ kPa} + 3.02 \text{ kPa} + 4.56 \text{ kPa} + 5.00 \text{ kPa} \\ = 13.78 \text{ kPa} \end{aligned}$$

6. أوجد الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علماً بأن ضغط الغازات الكلي يساوي kPa 30.4 والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5 kPa و 3.7 kPa.

$$30.4 \text{ kPa} - 16.5 \text{ kPa} - 3.7 \text{ kPa} = 10.2 \text{ kPa}$$

7. تحفيز الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين 21% وغاز الأرجون 1% (وهناك كميات ضئيلة من الغازات الأخرى). فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mmHg، فما الضغوط الجزئية لكل من النتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟

$$760 \text{ mm Hg} \times 0.78 = N_2 = 593 \text{ mm Hg}$$

$$760 \text{ mm Hg} \times 0.21 = O_2 = 160 \text{ mm Hg}$$

$$760 \text{ mm Hg} \times 0.01 = Ar = 8 \text{ mm Hg}$$



الشكل 6-8 يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع الخارصين Zn لإنتاج غاز الهيدروجين الذي يتم جمعه عند درجة حرارة $20^\circ C$.

احسب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة $20^\circ C$ إذا علمت أن الضغط الكلي لخليط غازي الهيدروجين وبخار الماء هو $100.0 kPa$.

استخدام قانون دالتون تستخدم الضغوط الجزئية للغازات لتحديد كمية الغاز الناتجة عن التفاعل، حيث يُجمع الغاز الناتج فوق الماء في وعاء ماء منكس، كما هو موضح في الشكل 6-8، فيحل الغاز محل الماء ويكون الغاز الناتج مزيجاً من غازي الهيدروجين وبخار الماء. وبهذا يكون الضغط الكلي داخل الوعاء يساوي مجموع الضغطين الجزئيين لكل من الهيدروجين وبخار الماء.

ترتبط الضغوط الجزئية للغازات عند درجة الحرارة نفسها بتركيز هذه الغازات. فالضغط الجزئي لبخار الماء له قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة. ويمكنك الحصول على هذه القيم بالرجوع إلى المصادر، فعلى سبيل المثال، الضغط الجزئي لبخار الماء عند درجة حرارة $20^\circ C$ هو $(2.3 kPa)$. ويمكنك حساب الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين بطرح الضغط الجزئي لبخار الماء من الضغط الكلي. وستعرف لاحقاً أنك إذا عرفت ضغط غاز ما وحجمه ودرجة حرارته استطعت حساب عدد مولاته.

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 6-1

الخلاصة

- 8. **الفكرة الرئيسية** فسّر سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.
 - 9. صف كيف تؤثر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفقه؟
 - 10. وضح كيف يمكن قياس ضغط الغاز؟
 - 11. فسّر لماذا ينكس وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله محل الماء؟
 - 12. احسب الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي $1.20 atm$ والضغط الجزئي لأحدهما هو $0.75 atm$.
 - 13. استنتج ما إذا كان لدرجة الحرارة تأثير في معدل انتشار الغاز، فسّر إجابتك.
- يستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل انتشار غازين.
 - تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات اعتماداً على حجم جسيماتها وحركتها وطاقتها.
 - يستخدم قانون دالتون للضغوط الجزئية لتحديد ضغط كل غاز في خليط من الغازات.

الإجابة في الصفحة التالية

التقويم 6-1

8. **الفكرة الرئيسية** فسّر سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.

تتكون الغازات من جسيمات صغيرة تتحرك عشوائياً وتتصادم بتصادمات مرنة.

9. صف كيف تؤثر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفعه؟

يقل معدل سرعة الانتشار والتدفق بزيادة الكتلة.

10. وضح كيف يمكن قياس ضغط الغاز؟

يُقاس الضغط الجوي بواسطة البارومتر، في حين يُقاس ضغط الغاز في وعاء مغلق بواسطة المانومتر.

11. فسّر لماذا ينكس وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله محل الماء؟

إذا لم يُقلب (يُنكس) الوعاء فسيمرّ الغاز، الذي هو أقل كثافة من الماء، من خلال الماء ويتسرب من فتحة الوعاء.

12. احسب الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي 1.20 atm والضغط الجزئي لأحدهما هو 0.75 atm

$$1.20 \text{ atm} - 0.75 \text{ atm} = 0.45 \text{ atm}$$

13. استنتج ما إذا كان لدرجة الحرارة تأثير في معدل انتشار الغاز، فسّر إجابتك.

يزداد معدل سرعة الجسيمات بزيادة درجة الحرارة. لذا، ستنتشر الجسيمات بسرعة.

تصف القوى الجزيئية.

تقارن بين القوى الموجودة بين الجزيئات.

مراجعة المفردات

التساهمية القطبية: رابطة تتكون عندما يكون التشارك بالإلكترونات غير متساو.

المفردات الجديدة

قوى التشتت

القوى الثنائية القطبية

الرابطة الهيدروجينية

قوى التجاذب Forces of Attraction

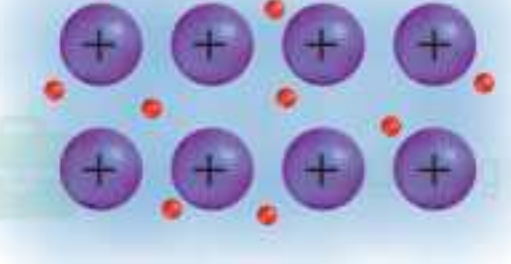
الفكرة الرئيسية تحدّد القوى بين الجزيئات. ومنها قوى التشتت، والقوى الثنائية

القطبية، والروابط الهيدروجينية. حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

الربط مع الحياة تعلم أن الماء من المواد النادرة التي توجد في صورة صلب أو سائل أو غاز في الظروف العادية. وهذه الخاصية الفريدة - بالإضافة إلى الخصائص الأخرى التي أودعها الخالق عز وجل فيه - تجعله منبع هذه الحياة.

القوى بين الجزيئات Intermolecular Forces

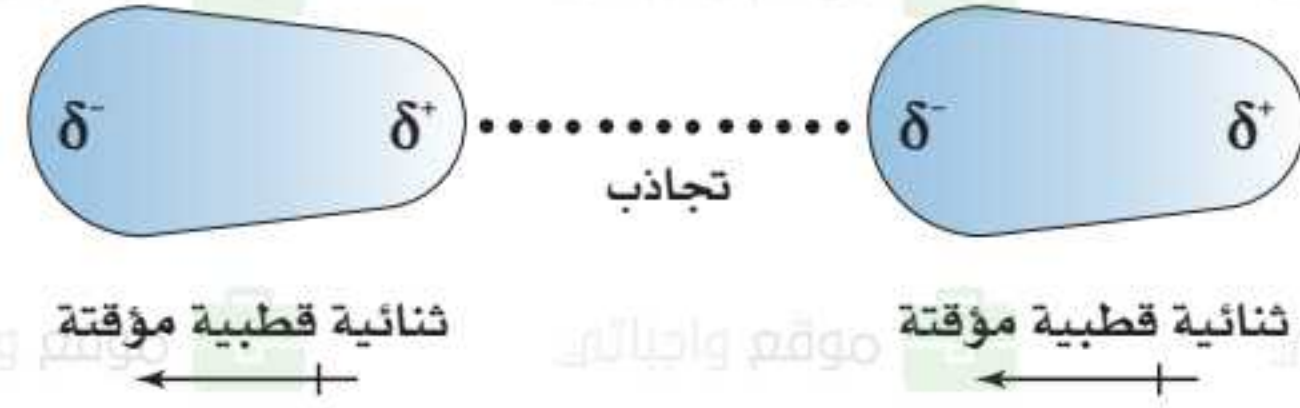
لو كان لجسيمات المادة جميعها عند درجة حرارة الغرفة متوسط الطاقة الحركية نفسه، فما سبب وجود مواد غازية وأخرى صلبة أو سائلة؟ تكمن الإجابة عن هذا التساؤل في قوى التجاذب في الجسيمات نفسها، وفيما بينها. وتسمى قوى التجاذب التي تربط بين جسيمات المادة بروابط أيونية وتساهمية وفلزية بقوى الترابط الجزيئية (intramolecular forces). ويعني المقطع intra "داخل"، بينما يعني المقطع molecular "جزيئية"، ويقصد بالجزيئية الذرات والأيونات والجزيئات. ويلخص الجدول 6-2 ما قرأته سابقاً عن قوى الترابط الجزيئية. لا تمثل قوى الترابط الجزيئية كافة قوى التجاذب بين الجسيمات، بل هناك قوى تجاذب أخرى تسمى القوى بين الجزيئات (intermolecular forces)، وهي قوى بينية تربط بين جسيمات متشابهة، مثل تلك التي بين جزيئات الماء، أو بين جسيمات مختلفة مثل ذرات الكربون في الجرافيت، وجسيمات السليلوز في الورق. سنناقش في هذا الدرس ثلاثة أنواع من القوى بين الجزيئات، هي: قوى التشتت، والثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية. وعلى الرغم من اختلاف هذه القوى في قوتها بعضها عن بعض، إلا أن القوى بين الجزيئات كلها أضعف من قوى الترابط داخل الجزيئات.

المقارنة بين قوى التجاذب داخل الجزيئات			الجدول 6-2
نوع الرابطة	النموذج	أسس التجاذب	مثال
الأيونية		الشحنات السالبة والموجبة.	NaCl
التساهمية		النواة الموجبة والإلكترونات المشتركة.	H ₂
الفلزية		الأيونات الفلزية الموجبة والإلكترونات المتحركة.	Fe

الشكل 9-6: تنافر السحب الإلكترونية عند

اقتراب جزيئين أحدهما من الآخر، مكونة ثنائية قطبية مؤقتة؛ حيث تمثل إشارة δ منطقة الشحنة الجزئية على الجزيء.

فسر ماذا تمثل إشارة δ^+ و δ^- الموجودتان على الثنائية القطبية المؤقتة؟



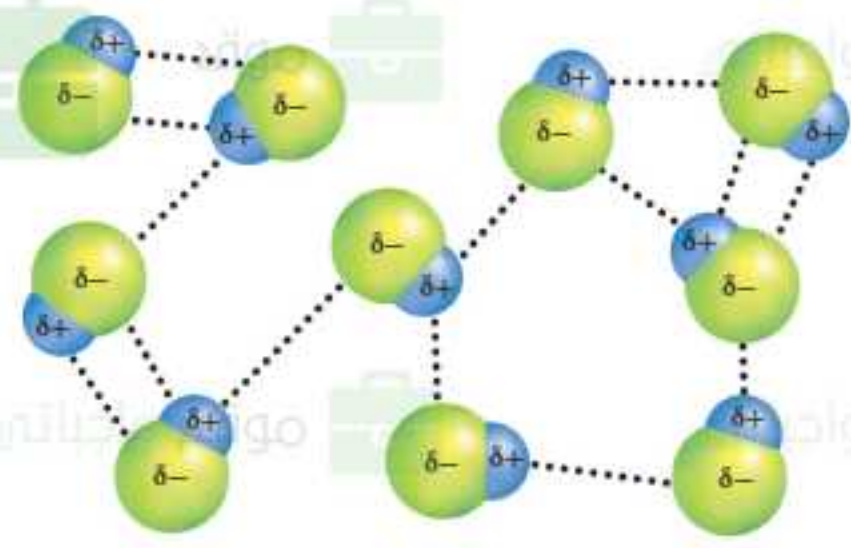
يمثلان شحنة جزئية موجبة وشحنة جزئية سالبة على التوالي.

قوى التششت تذكر أن جزيئات الأكسجين غير قطبية؛ لأن إلكتروناتها موزعة بالتساوي بين ذرتي أكسجين ذات الكهروسالبية المتساوية. ويمكن ضغط جزيئات الأكسجين وتحويلها إلى سائل تحت الظروف المناسبة. وحتى يتكاثف الأكسجين لا بد من قوى تجاذب بين جزيئاته. تسمى قوة الترابط بين جزيئات الأكسجين **قوى التششت** وهي قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التششت أحياناً بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني- الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى. تذكر أيضاً أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية. وعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر - ولا سيما عند تصادمهما - فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة - ولو لحظة - لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكل كل جزيء ثنائية قطبية مؤقتة. وعند اقتراب ثنائيات الأقطاب المؤقتة بعضها من بعض تنشأ قوى تششت ضعيفة بين مناطق الشحنات المختلفة لثنائية الأقطاب، كما هو موضح في الشكل 9-6.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر سبب تكون قوى التششت.

تنتج عن إزاحة الكثافة الإلكترونية في السحابة الإلكترونية.

تنشأ قوى التششت بين الجسيمات كافة، ولكنها قوى ضعيفة بالنسبة إلى الجسيمات الصغيرة، ويزداد تأثيرها مع ازدياد عدد الإلكترونات. لذلك كلما زاد حجم الجسيم تصبح قوى التششت أكثر قوة، وبالتالي فإن قوى التششت بين جزيئات اليود أقوى من قوى التششت بين جزيئات البروم في مجموعة الهالوجينات.



حدد أنواع القوى الممثلة في الشكل.

القوى الثنائية القطبية.

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

✓ **ماذا قرأت؟** استنتج الحالة الفيزيائية لعنصر الأستاتين (At) عند درجة حرارة الغرفة، مبيناً سبب ذلك.

يجب أن يكون الإستاتين صلباً مثل اليود
وللأسباب نفسها؛ فجزيئات الهالوجين الأكبر حجماً لها
عدد إلكترونات أكثر، وقوة التشتت لها أكبر؛ مما يؤدي إلى
تقارب الجزيئات بعضها من بعض وتكوين مواد صلبة
عند درجة حرارة الغرفة.

قوى ثنائية القطبية تحتوي الجزيئات القطبية على ثنائية قطبية دائمة، أي أن بعض المناطق في الجزيء القطبي تكون دائماً سالبة جزئياً، وبعضها الآخر يكون موجباً جزئياً، مما يخلق تجاذباً بين هاتين المنطقتين المختلفتي الشحنة، وهذا ما يسمى **ثنائية القطبية**. أما الجزيئات القطبية المجاورة فتوجه نفسها، بحيث تصطف الشحنات المتعاكسة معاً.

عندما تقترب جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين بعضها من بعض تنجذب ذرة الهيدروجين الموجبة جزئياً في الجزيء نحو ذرة الكلور في جزيء آخر، والتي تكون سالبة جزئياً. يوضح الشكل 10-6 تجاذبات متعددة بين جزيئات كلوريد الهيدروجين؛ لأن ثنائية القطبية دائمة في هذا الجزيء القطبي، فمن المتوقع أن تكون القوى الثنائية القطبية أقوى من قوى التشتت. ويمكن أن يكون هذا التوقع صحيحاً في الجزيئات القطبية الصغيرة؛ إذ إن لها ثنائية قطبية كبيرة. ومع ذلك فالكثير من الجزيئات القطبية - ومنها جزيئات كلوريد الهيدروجين HCl الموضحة في الشكل 10-6 - تبقى قوى التشتت فيها أكبر من القوى الثنائية القطبية.

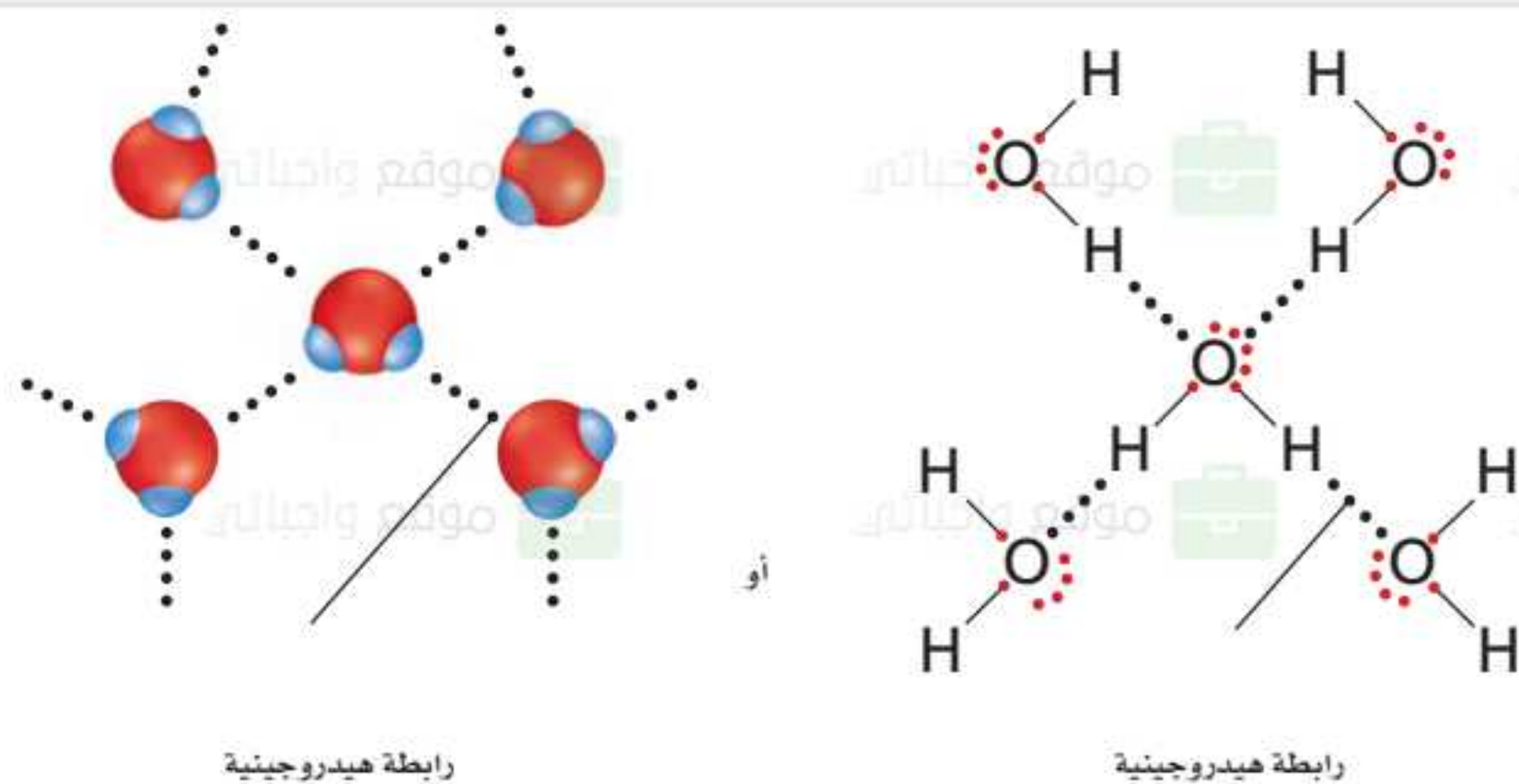
✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين القوى الثنائية القطبية وقوى التشتت.

تنشأ القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات ذات
القطبية الدائمة، في حين تنشأ قوى التشتت بين الجزيئات
ذات القطبية المؤقتة.

الروابط الهيدروجينية نوع خاص من القوى الثنائية القطبية، وتحدث بين الجزيئات التي تحتوي على ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية كبيرة تحتوي على الأقل على زوج واحد من الإلكترونات غير الرابطة.

الشكل 6-11 الروابط الهيدروجينية

بين جزيئات الماء أقوى من تجاذب الثنائية القطبية؛ وذلك لأن الرابطة بين الهيدروجين والأكسجين ذات قطبية كبيرة.



وتتغلب عادة الروابط الهيدروجينية على كل من قوى التشتت والقوى الثنائية القطبية. ولكي تتكوّن الرابطة الهيدروجينية لا بد للهيدروجين أن يرتبط إما مع ذرة فلور أو أكسجين أو نيتروجين؛ حيث تكون كهروسالبية هذه الذرات كافية لجعل ذرة الهيدروجين ذات شحنة جزئية موجبة، وتكون هذه الذرات في الوقت نفسه صغيرة بقدر كاف يسمح لأزواج الإلكترونات غير الرابطة فيها بالاقتراب من ذرات الهيدروجين. فعلى سبيل المثال، لذرات الهيدروجين في جزيء الماء شحنة جزئية موجبة كبيرة، ولذرة الأكسجين شحنة جزئية سالبة كبيرة، وعند اقتراب جزيئات الماء تنجذب ذرة الهيدروجين في الجزيء نحو زوج الإلكترونات غير الرابط مع ذرة أكسجين في جزيء آخر، كما هو موضح في الشكل 6-11.

تفسر الرابطة الهيدروجينية سبب وجود الماء في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، بينما تكون المركبات المشابهة للماء في كتلتها المولية في الحالة الغازية. انظر إلى البيانات الواردة في الجدول 3-6. من السهل تفسير الفرق بين الماء والميثان؛ فجزيئات الميثان غير قطبية، والقوى الوحيدة التي تربط بين جزيئاتها هي قوى

الجدول 3-6 خواص بعض المركبات الجزيئية			
المركب	الشكل الفراغي	الكتلة المولية (g/mol)	درجة الغليان (°C)
الماء (H ₂ O)		18.0	100
الميثان (CH ₄)		16.0	-164
الأمونيا (NH ₃)		17.0	-33.4

التقويم 2-6

14. الفكرة الرئيسية فسر ما الذي يحدد حالة المادة عند درجة حرارة معينة؟

تحدد القوى بين الجزيئات الحالة الفيزيائية للمادة؛ ففي الحالة الصلبة تكون القوى بين الجزيئات قوية جداً وتُبقى الجزيئات معاً. في حين تصبح القوى بين الجزيئات أضعف في الحالة السائلة، أما في الحالة الغازية فلا تخضع الجزيئات لقوى بين جزيئية تذكر.

15. قارن بين القوى بين الجزيئات والقوى الجزيئية.

تتكون القوى بين الجزيئية بين الجسيمات. وتؤدي القوى الجزيئية إلى ربط الجسيمات معاً.

16. قوّم أيّ الجزيئات الآتية تستطيع تكوين روابط هيدروجينية، وأيها يحتوي على قوى التشتت فقط بوصفها قوى بين الجزيئات؟ فسر إجابتك.

HF .d

HCl .c

H₂S .b

H₂ .a

.i

.h

.g

.f

الجزيئات التي تستطيع تكوين روابط هيدروجينية هي: b، وd. في حين يحتوي الجزيئان؛ b، وd على قوى تشتت فقط، وهما جزيئان قطبيان يمتلك كل منهما ذرة ذات كهرسالبية عالية جداً مرتبطة مع الهيدروجين، أما الجزيء a فهو غير قطبي.

17. تفسير البيانات هناك أربع روابط تساهمية أحادية في جزيء الميثان CH₄، بينما يوجد 25 رابطة تساهمية أحادية في جزيء الأوكتان C₈H₁₈. كيف يؤثر عدد الروابط في قوى التشتت في كلا المركبين؟ وأي المركبين يكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، وأيها في الحالة السائلة؟

إن وجود روابط أكثر يعني وجود إلكترونات أكثر لتكوين قطبية مؤقتة، كما يعني أيضاً قوى تشتت أكبر. فالميثان غاز، في حين أن الأوكتان سائل.



www.iem.edu.sa

3-6

الأهداف

- تقارن بين ترتيب الجسيمات في كل من المواد الصلبة والسائلة.
- تصف العوامل التي تؤثر في اللزوجة.
- تفسر العلاقة بين وحدة البناء والشبكة البلورية.

مراجعة المفردات

الشكل الهلالي: سطح السائل المنحني (مقعر أو محدب).

المفردات الجديدة

اللزوجة
التوتر السطحي
عوامل خافضة للتوتر السطحي
المادة الصلبة المتبلورة
وحدة البناء
التأصل
المواد الصلبة غير المتبلورة

المواد السائلة والمواد الصلبة

Liquids and Solids

الفكرة الرئيسية لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

الربط مع الحياة هل فكرت يوماً لماذا يكون سكب القطر (مركز محلول السكر) (Syrup) المحفوظ في الثلاجة صعباً مقارنة بسكب القطر المحفوظ خارجها؟ لعلك تعلم أن تسخين القطر يجعل سكبه سهلاً. ولكن لماذا تساعد زيادة درجة الحرارة على ذلك؟

السوائل Liquids

على الرغم من أن نظرية الحركة الجزيئية قد طوّرت لتفسير سلوك الغازات، إلا أنه يمكن تطبيقها أيضاً على السوائل والمواد الصلبة، آخذين في عين الاعتبار قوى الترابط بين جسيماتها، إضافة إلى الطاقة الحركية لجسيماتها.

تعلم مما درست سابقاً أن السوائل تأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها تحتفظ بحجمها ثابتاً، أي أن جسيماتها تناسب لتتكيف مع شكل الوعاء، ولكن السوائل لا تتمدد لتملأ الوعاء تماماً، كما هو موضح في الشكل 12-6. وبالرجوع إلى نظرية الحركة الجزيئية نجد أن جسيمات السائل لا تبقى في مكان ثابت، حيث تحد قوى التجاذب بين جسيمات السائل من مدى حركتها، فتبقى جسيمات السائل متقاربة، ويوجد بينها مسافات تسمح بأنزلاقها فوق بعضها البعض.

الكثافة والضغط تكون السوائل أكثر كثافة من الغازات عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1 atm . وتكون كثافة السوائل أكبر كثيراً من أبخرتها عند الظروف الجوية نفسها. فكثافة الماء السائل مثلاً أكثر 1250 مرة تقريباً من كثافة بخار الماء عند درجة حرارة 25°C وضغط جوي 1 atm . ونظراً إلى وجودهما عند درجة الحرارة نفسها، فإن لكل من جسيمات الغاز والسائل متوسط الطاقة الحركية نفسه. ويعود الارتفاع في كثافة السوائل إلى القوى بين الجزيئية التي تربط الجسيمات معاً. وتختلف السوائل عن الغازات في أنها تعد غير قابلة للضغط في كثير من التطبيقات، والتغير في حجمها صغير جداً؛ لأن جسيمات السائل مترابطة.



الشكل 12-6 تناسب السوائل لتأخذ شكل الوعاء الذي توجد فيه، ولكنها لا تتمدد كالغازات لتملأ الوعاء.

استنتاج سبب وجود السائل عند المستوى نفسه في كل من الأنابيب المتصلة معاً.

الجاذبية والضغط الجوي

متساويان، ولكنها متعاكسان في الاتجاه، مما يبقى سطح السوائل عند المستوى نفسه.

الشكل 6-13 للغازات والسوائل

القدرة على الانتشار والانسحاب وتظهر هذه الصورة انسياب السوائل عبر الآخر.



بإحكام، ويتطلب الأمر ممارسة ضغط هائل عليه لتقليل حجمه مقداراً ضئيلاً جداً.

الميوعة تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع، بسبب قابليتها للانتشار والانسحاب. يوضح الشكل 6-13 انسياب أحد السوائل عبر سائل آخر. وتنساب السوائل عادة أبطأ من انتشار الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئات في عملية الانسياب، ولهذا تكون السوائل أقل ميوعة من الغازات. ويمكننا توضيح هذا الفرق بالمقارنة بين الماء والغاز الطبيعي. فعند وجود تسرب في أنبوب ماء في الطابق السفلي في منزل مثلاً يبقى الماء في الطابق نفسه ما لم تكن كمية الماء المتسرب تفوق حجم الطابق السفلي كله.

ولو أن الغاز الطبيعي تسرب في الطابق السفلي مثلاً فلن يقتصر وجوده على الطابق السفلي فقط، وإنما سينتشر في كل أرجاء المنزل. ولأن الغاز الطبيعي بلا رائحة فإن الشركات تضيف إليه رائحة مميزة؛ لكي تحذر الناس، وتمكنهم من معرفة مكان تسرب الغاز، فيتمكن ساكنوا المنزل من إغلاق مصدر الغاز المتسرب، وفتح النوافذ للسماح للغاز بالانتشار، والاتصال بشركة الغاز لإصلاح مكان التسرب.

اللزوجة هي خاصية تلحظها كلما حاولت إخراج العسل من القارورة. واللزوجة هي مقياس مقاومة السائل للتدفق والانسحاب؛ حيث تكون جسيمات السائل قريبة بعضها من بعض، حتى أن قوى التجاذب بينها تبطئ من حركتها عندما يتجاوز بعضها بعضاً. ويمكن تحديد لزوجة السائل من خلال نوع القوى بين الجزيئات وحجم الجسيمات وشكلها، إضافة إلى درجة الحرارة.

يجب أن تعرف أنه ليست كل السوائل لزجة؛ فقد اكتشف العلماء عام 1937م ما يعرف بالميوعة الفائقة، حيث برّد العلماء سائل الهيليوم إلى درجة حرارة دون -270.998°C فوجدوا أن خصائصه قد تغيرت؛ إذ فقد سائل الهيليوم لزجته،

الشكل 6-14 دراسة حالات المادة

لقد أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر عن حالات المادة.

1643 بعد الميلاد برهن اختراع البارومتر على وجود وزن للهواء.

360 قبل الميلاد رفض الفيلسوف أرسطو نظرية ديمقريطس، ودعم الاعتقاد بأن المادة تتكون من نار وهواء وماء وتراب.

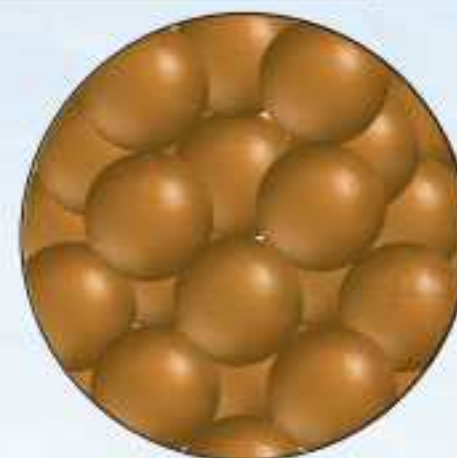
A.D. 1700

1734 بعد الميلاد اقترح دانيال بيرنولي أن ضغط الغاز ناتج عن تصادم جسيمات الغاز بجدران الوعاء المحصور داخله.

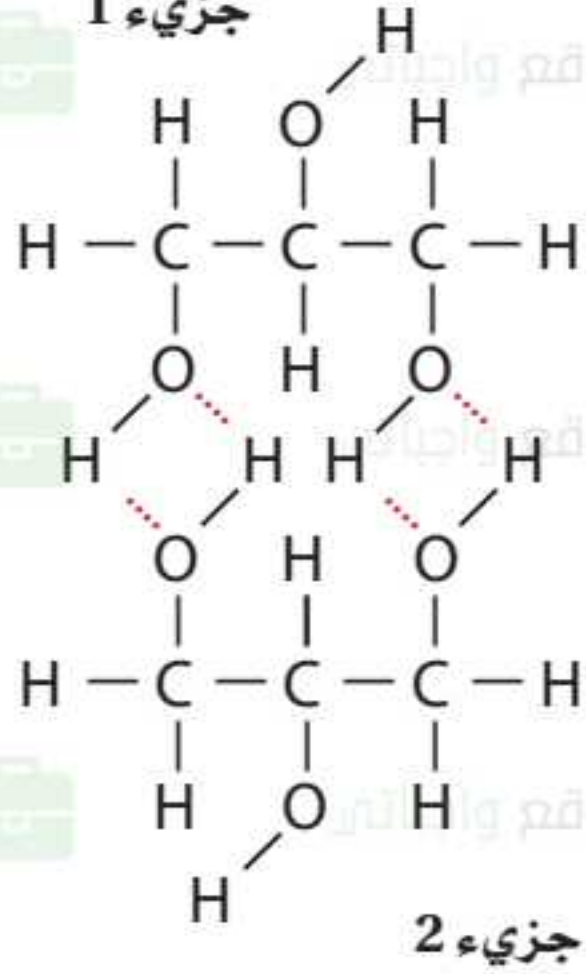
400 قبل الميلاد طور الفيلسوف ديمقريطس النظرية القائلة على أن المواد كلها تتكون من أجزاء صغيرة لا تتجزأ سمّاها ذرات.

400 B.C.

460 قبل الميلاد وضع الفلاسفة نظرية تنص على أن المواد تتكون من أربعة عناصر هي النار والهواء والماء والتراب.



جزء 1



جزء 2

الشكل 6-15 يوضح الشكل جزيئين من الجليسرول والرابطة الهيدروجينية بينهما.

حدد عدد الروابط الهيدروجينية التي يمكن لجزيء من الجليسرول تكوينها مع جزيء آخر.

أربعة.

أي مقاومته للانسياب. ويوضح الشكل 14-6 اكتشاف مفهوم الميوعة الفائقة، ومعلومات أخرى عن حالات المادة.

قوى التجاذب كلما كانت القوى بين الجزيئات في السوائل كبيرة زادت درجة لزوجتها. فمثلاً تعد مادة الجليسرول التي تستخدم في المختبر في تشحيم الأدوات سائلاً لزجاً. ويوضح الشكل 15-6 الصيغ البنائية للرابطة الهيدروجينية التي تجعل الجليسرول مادة لزجة جداً. حيث تستطيع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع ذرات الأكسجين في كل جزيء جليسرول تكوين روابط هيدروجينية مع جزيء جليسرول آخر. وتوضح النقاط الحمراء في الشكل 15-6 أماكن تشكل الروابط الهيدروجينية بين الجسيمات.

حجم الجسيمات وشكلها يؤثر حجم جسيمات المادة وشكلها في لزوجتها. تذكر أن كتلة الجسيمات وسرعة حركتها تحددان الطاقة الحركية الكلية لها. افترض أن قوى التجاذب بين جسيمات السائل (A) مساوية لقوى التجاذب بين جسيمات السائل (B)، وإذا كانت كتلة جسيمات السائل (A) أكبر من كتلة جسيمات السائل (B)، فيكون السائل (A) أكثر لزوجة من السائل (B)، لذا فإن حركة الجسيمات في السائل (A) تكون على الأرجح أبطأ من حركة جسيمات السائل (B). وتكون لزوجة الجسيمات ذات السلاسل الطويلة في تركيبها - ومنها الزيت المستخدم في الطبخ أو زيت المحركات - أكبر من لزوجة الجسيمات ذات السلاسل القصيرة، على افتراض أن الجسيمات تبذل النوع نفسه من قوى التجاذب. ففي السلاسل الطويلة تكون المسافات بين ذرات الجسيمات المتجاورة قصيرة جداً، وبهذا تكون فرصة حدوث تجاذب بين الذرات أكبر.

1937 اكتشف العلماء الميوعة الفائقة، وهي موائع غير اعتيادية بخصائص لم تُشاهد في المادة العادية.

1808 اقترح جون دالتون أن المادة تتكون من جسيمات صغيرة

2003 أنتجت عالمة ديورا س. جن أول متكثف فرميوني (fermionic condensate)، وهو سائل له ميوعة فائقة، ويعتبر الحالة السادسة من حالات المادة.

2000

1900

1800

1995 الحالة الخامسة للمادة وهي مائع غازي له ميوعة فائقة يعرف بمكثف بوز - أينشتاين نسبة إلى العالمين ستايندرا بوز وألبرت أينشتاين.

1927 استخدم مصطلح البلازما لأول مرة لوصف الحالة الرابعة، وهي موجودة في البرق.



درجة الحرارة تنخفض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة، فلا ينتشر زيت الطبخ في المقلاة إلا عند تسخينه، حيث إن زيادة درجة الحرارة تزيد الطاقة الحركية لجسيمات الزيت. وتساعد هذه الطاقة الجسيمات على التغلب على القوى بين الجزيئية التي يرتبط بعضها مع بعض، وتمنعها من الانسياب.

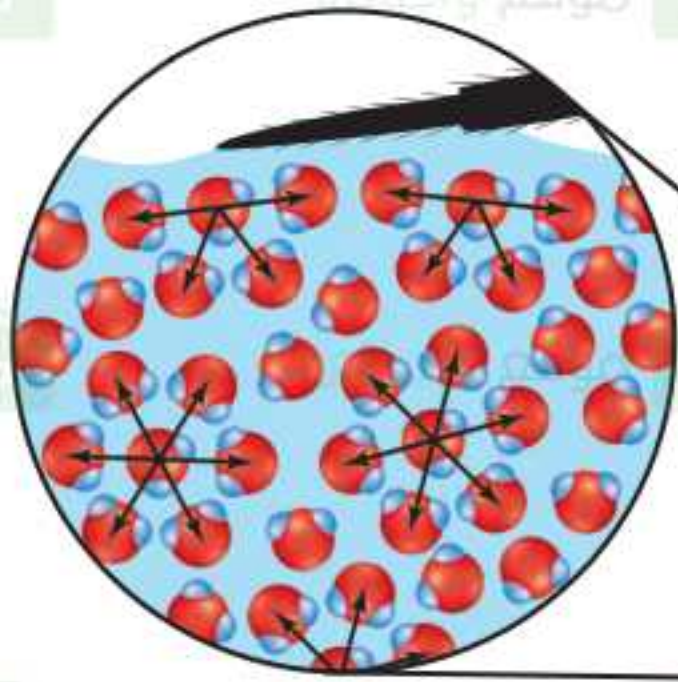
ويعدّ زيت المحرك الذي يقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة فيه مثلاً آخر على تأثير درجة الحرارة في اللزوجة. ولذلك استعمل الناس قديماً مزيجاً مختلفاً من زيت المحرك في الصيف والشتاء، فصُمم زيت يُستخدم في الشتاء لينساب عند درجات حرارة منخفضة، وآخر في الصيف أكثر لزوجة ليناسب درجات الحرارة المرتفعة جداً أو في المسافات الطويلة. أما في الوقت الحاضر فيتم إضافة مواد خاصة إلى زيت المحرك لتعديل لزوجته حتى يُستخدم المزيج نفسه على مدار السنة. والجسيمات في المواد المضافة عبارة عن كرات مضغوطة ذات لزوجة منخفضة نسبياً عند درجات الحرارة المنخفضة، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فيتحوّل شكل جسيمات المواد المضافة إلى خيوط طويلة تتشابك مع جسيمات زيت المحرك لترفع لزوجته.

✓ ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يجب أن يبقى زيت المحرك لزجاً؟

للمحافظة على أجزاء المحرك مشحمة بصورة

جيدة حتى لا يلتصق بعضها ببعض أو تسخن كثيراً.

التوتر السطحي لا يتساوى تأثير القوى بين الجزيئات في جسيمات السائل جميعها، كما يوضح الشكل 16-6؛ فالجسيمات الموجودة وسط السائل تنجذب إلى تلك الموجودة فوقها، وأسفل منها وعلى جانبيها. أما الجسيمات الموجودة على سطح السائل فلا توجد قوة تجاذب من أعلى توازن التي أسفل منها، ولذلك تجذبها محصلة القوة النهائية إلى أسفل، فيحتل السطح أقل مساحة ممكنة، بحيث يبدو كأنه مشدود بإحكام مثل سطح الطبلية. ولزيادة مساحة السطح لا بد للجسيمات الموجودة في الداخل أن تتحرك نحو السطح، وهذا يتطلب طاقة للتغلب على قوى التجاذب التي تربط الجسيمات بعضها ببعض في الداخل. وتُسمى الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين **التوتر السطحي**. وهذه الظاهرة مقياس لمقدار قوة السحب إلى الداخل بواسطة الجسيمات الموجودة داخل السائل.



تعمل القوى بين الجزيئات تحت سطح الماء على إحداث التوتر السطحي.



تسمح ظاهرة التوتر السطحي للعنكبوت بالسير على سطح الماء.

الشكل 16-6 تُجذب جسيمات الماء الموجودة عند سطحه نحو الداخل؛ حتى تتوازن قوى التجاذب والتنافر بينها.

المفردات

الاستخدامات العلمية

والشائعة

القوة

الاستخدام العلمي: الدفع أو السحب المؤثران في الجسم اتجاهًا ومقدارًا.

توجد قوة الجاذبية بين أي جسمين لهما كتلة، وتناسب القوة طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما.

الاستخدام الشائع: مجموعة من الناس لديهم القدرة على العمل لتحقيق النتائج المطلوبة. زادت قوة العمال في الشركة إنتاجها في العام الماضي.

وعموماً كلما زادت قوى التجاذب بين الجسيمات زاد التوتر السطحي؛ فللماء توتر سطحي عالٍ؛ بسبب قدرة جسيماته على تكوين روابط هيدروجينية متعددة. وتكون قطرات الماء كروية الشكل؛ لأن مساحة سطح القطرة الكروية أصغر من مساحة سطح أي شكل آخر له الحجم نفسه. والتوتر السطحي الكبير للماء كما هو موضح في الشكل 6-16 هو الذي يساعد العنكبوت على السير والوقوف على سطح ماء البركة.

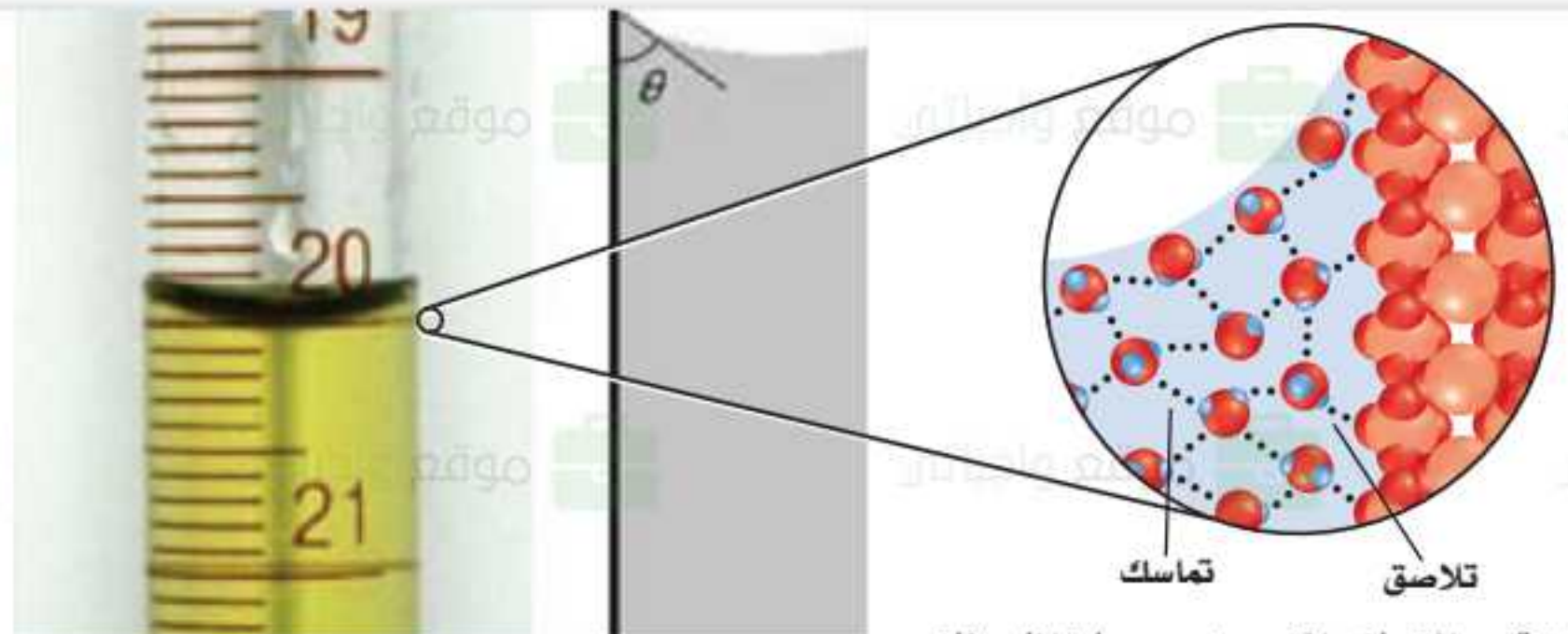
وهذه القوى التي تمكن العنكبوت من المكوث على سطح ماء البركة دون أن يغوص هي نفسها التي تجعل انتزاع الأوساخ عن الجلد والملابس باستخدام الماء وحده صعباً؛ لأن جسيمات الأوساخ لا تستطيع اختراق سطح قطرات الماء. فالماء وحده لا يمكنه انتزاع الأوساخ. ولكن عند استخدام المنظفات والصابون مع الماء يقل التوتر السطحي للماء بتكسير الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الماء، عندها ينتشر الماء ويحمل الأوساخ بعيداً. وتسمى المركبات التي تعمل على خفض التوتر السطحي للماء **عوامل خافضة للتوتر السطحي**.

التماسك والتلاصق يمكنك أن تلاحظ أن سطح الماء يكون غير مستو عند وضعه في أوعية ضيقة، كالأنابيب الزجاجية، انظر الشكل 6-17؛ حيث يكون السطح على شكل هلال مقعر ينخفض في منطقة الوسط. ويوضح الشكل 6-17 ما يحدث للماء على مستوى الجزيء. فهناك نوعان مهمان من القوى، هما: التماسك والتلاصق؛ حيث يصف التماسك قوة الترابط بين الجسيمات المتماثلة. أما التلاصق فيصف قوة الترابط بين الجسيمات المختلفة. ولأن قوى التلاصق بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جسيمات الماء، لذا يرتفع الماء على طول الجدران الداخلية للأنابيب الأسطوانية. **الخاصية الشعرية** يرتفع الماء إلى أعلى في الأنبوب الأسطواني إذا كان رفيعاً جداً. وتسمى هذه الأنابيب الرفيعة الأنابيب الشعرية. كما تسمى حركة ارتفاع الماء داخل هذه الأنابيب الخاصية الشعرية التي تفسر سبب امتصاص المناديل الورقية لكميات كبيرة من الماء؛ حيث يُسحب الماء داخل الفراغات الضيقة بين ألياف السليلوز الموجودة في المناديل الورقية، باستخدام الخاصية الشعرية، إضافة إلى تكوين روابط هيدروجينية بين جسيمات الماء وجسيمات السليلوز.

الشكل 6-17 لجسيمات الماء خاصية التماسك والتلاصق.

استنتج لماذا يكون مستوى الماء مرتفعاً داخل الأنابيب الشعرية الدقيقة.

قوى التلاصق أكبر في الأنبوب ذي القطر الأصغر منها في الأنبوب ذي القطر الأكبر.



إن قوى التجاذب التي بين جسيمات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج تؤثر على جسيمات الماء لتدفعها نحو الأعلى وذلك نتيجة قوى التلاصق. - تماسك - وتتجاذب مع جسيمات ثاني أكسيد السليكون في الزجاج - تلاصق.

هل تساءلت يوماً عن سبب وجود المواد الصلبة بشكل وحجم محددين؟ حسب نظرية الحركة الجزيئية فإن لمول واحد من جسيمات المادة الصلبة كمية الطاقة الحركية نفسها الموجودة في مول واحد من المادة السائلة أو الغازية عند درجة الحرارة نفسها. وحسب التعريف فإن جسيمات المادة الصلبة يجب أن تكون في حركة ثابتة. ولكي تبقى المادة في الحالة الصلبة عند درجة حرارة معينة لا بد من وجود قوى تجاذب قوية بين جسيماتها، بحيث تكون قادرة على تقييد حركة هذه الجسيمات لتجعلها تهتز إلى الأمام والخلف، مع الاحتفاظ بمكانها الثابت. ولهذا يمكن القول إن هناك نظاماً في حالة الصلابة أكثر منه في حالة السيولة، وبسبب هذا النظام لا تعتبر المادة الصلبة مائعاً بينما يمكن تصنيف السوائل والغازات على أنها موائع.

كثافة المواد الصلبة تكون جسيمات المادة الصلبة عموماً بعضها قريب من بعض أكثر مما هي عليه في المادة السائلة. ولهذا تكون معظم المواد الصلبة أكثر كثافة من معظم السوائل، وعند وجود مادة في الحالة الصلبة والحالة السائلة في الوقت نفسه فإن المادة الصلبة عادة ما تغرق في السائل؛ فالمكعبات الصلبة من البنزين تغرق في البنزين السائل؛ وذلك لأن البنزين الصلب أكثر كثافة من البنزين السائل. وهناك فرق حوالي 10% تقريباً في الكثافة بين المواد في الحالة الصلبة والحالة السائلة. ولأن جسيمات المواد الصلبة متقاربة ومتراصة فإن مقداراً عادياً من الضغط لن يحدث تغييراً في حجمها.

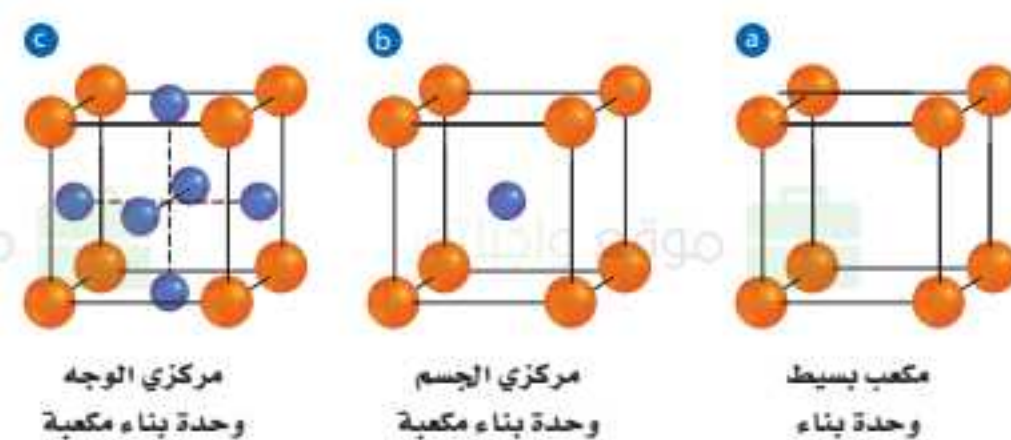
لا يمكنك توقع نسبة كثافة الثلج الصلب إلى الماء السائل معتمداً على ما ورد في حالة البنزين؛ فمكعبات الثلج والجبال الجليدية تطفو فوق الماء؛ لأن حكمة الله اقتضت أن تكون كثافة الماء في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة. ويوضح الشكل 6-18 السبب في هذه الحالة الاستثنائية للماء، فعندما يتجمد الماء يكون كل جزيء ماء أربع روابط هيدروجينية مع أربعة جسيمات متجاورة، ونتيجة لذلك تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقارباً من بعض مما في الماء السائل.

✓ **ماذا قرأت؟** صف حاول أن تصف بكلماتك سبب طفو الثلج فوق الماء؟

تؤدي الروابط الهيدروجينية في الجليد إلى

تكوّن تركيب أقل كثافة من الماء مما يجعل الجليد يطفو فوق الماء لأنه أقل كثافة.

المواد الصلبة البلورية على الرغم من أن كثافة الثلج حالة غير عادية إلا أن جسيمات الثلج متراصة كباقي المواد الصلبة بطريقة يسهل التنبؤ بها. فالمادة الصلبة البلورية مادة ذراتها أو أيوناتها أو جزيئاتها مرتبة في شكل هندسي منتظم، ويمكن تمثيل مواقع الجسيمات في البلورة في صورة نقاط ضمن إطار يسمى الشبكة البلورية. وهناك ثلاث طرائق تترتب من خلالها الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب، كما هو موضح في الشكل 6-19.



الشكل 6-18 يطفو جبل الجليد

فوق الماء بسبب تكوّن أربع روابط هيدروجينية مع أربع جسيمات متجاورة، ونتيجة لهذا تكون جسيمات الماء في الثلج أقل تقارباً من بعض مما في الماء السائل.

مهن في الكيمياء

خبير المعادن خبراء المعادن

مهندسون يهتمون بكل مراحل تصنيع المعادن، بدءاً من استخراجها والتنقيب عنها وتشكيلها على هيئتها النهائية. ولا بد لخبير المعادن في كل مرحلة من فهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للمعادن.

وحدة البناء هي أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، كما في البلورة ككل. وكما درست سابقاً، فوحدة البناء هي نموذج مصغر من البناء الأكبر الكامل، ويمكن النظر إلى وحدة البناء على أنّ شكلها يحدد شكل البلورة كاملة.

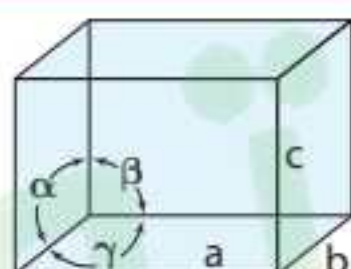
يوضح الجدول 4-6 سبعة تصنيفات للبلورات بناءً على الشكل، وتختلف أشكال البلورات بسبب أوجه أو سطوح وحدات البناء، التي لا تلتقي دائماً في زوايا قائمة. كما أنّ أطراف تلك السطوح مختلفة في الطول. وقد استخدمت العلامات a, b, c في الجدول؛ لبيان الأطراف، وقد استخدمت العلامات α, β, γ لبيان الزوايا التي تلتقي عندها السطوح معاً.

وحدات البناء

الجدول 4-6



أراجونايت



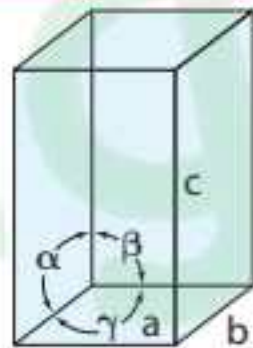
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

متوازي مستطيلات



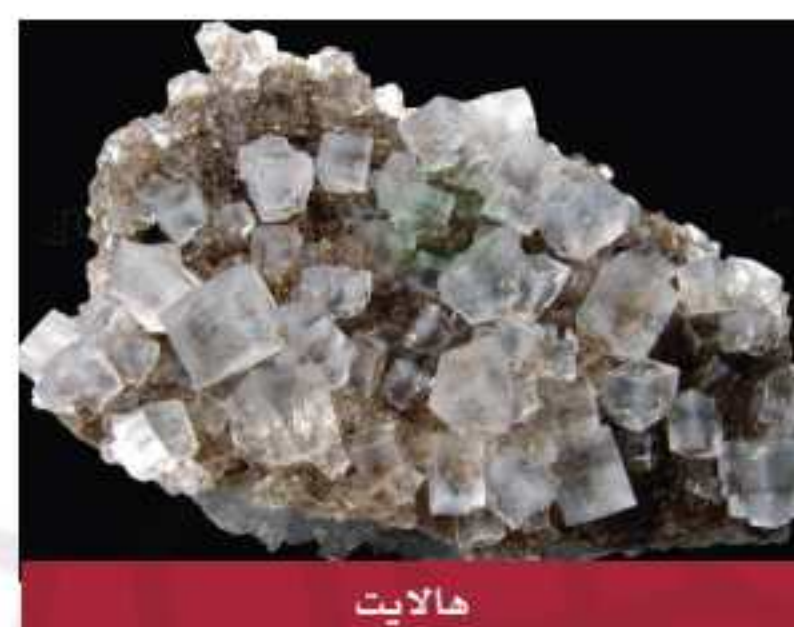
فيزوفيانايت



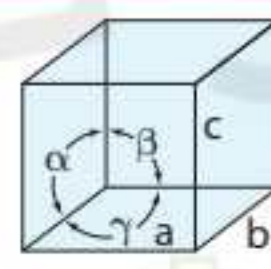
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

رباعي الأوجه



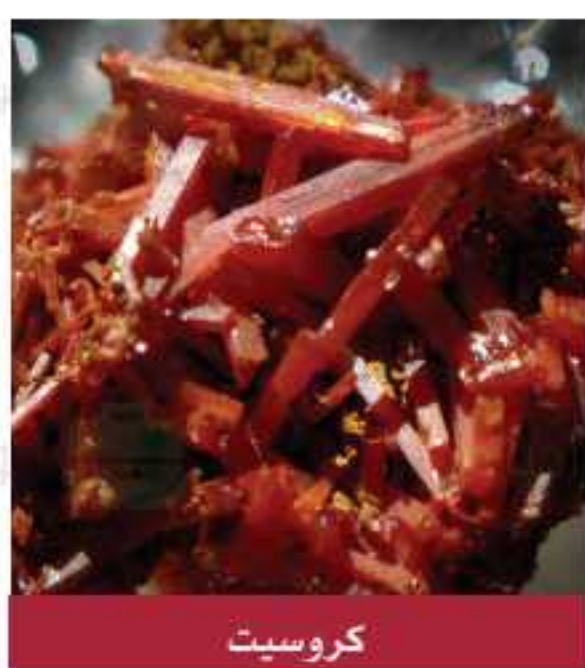
هالايت



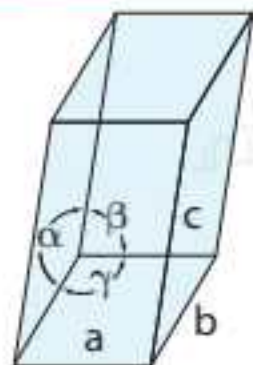
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

مكعب



كروسييت



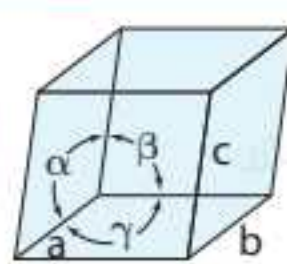
$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$$

أحادي الميل



زمرّد



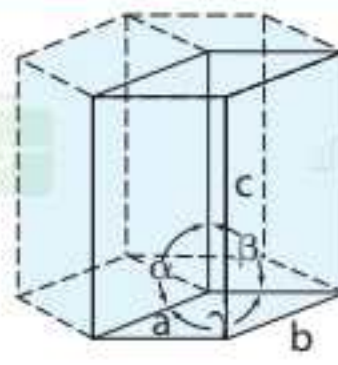
$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

معيني



تورمالين



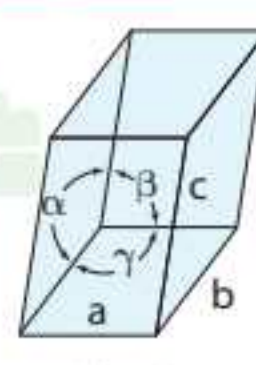
$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

سداسي الأوجه



ميكروكلين



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

ثلاثي الميل

أنواع المواد الصلبة البلورية			الجدول 5-6
النوع	وحدة الجسيمات	خصائص الحالة الصلبة	أمثلة
ذرية	الذرات	ليينة إلى ليينة جداً، درجة انصهار منخفضة، رديئة التوصيل.	عناصر المجموعة 18
الجزئية	جسيمات	متوسطة اللين، تتفاوت درجات الانصهار بين المنخفضة والمرتفعة نسبياً، رديئة التوصيل.	I_2 , H_2O , NH_3 , CO_2 , $C_{12}H_{22}O_{11}$
التساهمية الشبكية	ترتبط الذرات بروابط تساهمية	صلبة جداً، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل عادة.	الألماس C الكوارتز SiO_2
الأيونية	أيونات	صلبة، هشة، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل.	$NaCl$, KBr , $CaCO_3$
الفلزية	الذرات يحيط بها إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة	ليينة إلى صلبة، درجة انصهار بين المنخفضة والمرتفعة، قابلة للسحب والطرق، ممتازة التوصيل.	جميع العناصر الفلزية

تصنيف المواد الصلبة البلورية تصنف هذه المواد تبعاً لنوع الجسيمات المكونة لها، وكيفية ارتباط هذه الجسيمات بعضها ببعض إلى خمس فئات، هي: الصلبة الذرية، الصلبة الجزئية، الصلبة التساهمية الشبكية، الصلبة الأيونية، الصلبة الفلزية. ويلخص الجدول 5-6 الخصائص العامة لكل فئة مع إعطاء مثال على كل منها. وتعد الغازات النبيلة عند تجمدها المثال الوحيد على الصلبة الذرية؛ حيث تعكس خواصها قوى التشتت الضعيفة بين ذراتها.

المواد الصلبة الجزئية ترتبط الجسيمات في هذه المواد إما بقوى التشتت، أو القوى الثنائية القطبية أو الروابط الهيدروجينية. ولا تكون معظم المواد الجزئية في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة، حتى الماء الذي يستطيع تكوين روابط هيدروجينية قوية يكون سائلاً عند درجة حرارة الغرفة. إلا أن بعض المركبات الجزئية - ومنها السكر - صلبة عند درجة حرارة الغرفة؛ بسبب كتلتها الجزئية الكبيرة. تحتوي الجزيئات الكبيرة على الكثير من الروابط الضعيفة التي تجتمع معاً لربط الجزيئات بعضها ببعض، وبسبب عدم احتواء المواد الصلبة الجزئية على أيونات، تعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية تستطيع ذرات الكربون والسليكون تكوين مواد صلبة تساهمية شبكية؛ بسبب قدرتها على تكوين روابط تساهمية متعددة. ويوضح الشكل 20-6 التركيب التساهمي الشبكي للكوارتز الذي يحتوي على السليكون. ويستطيع الكربون تكوين ثلاثة أنواع من المواد الصلبة التساهمية الشبكية، هي: الألماس والجرافيت والبكمنستر فوليرين. وتسمى ظاهرة وجود عنصر مثل الكربون بثلاثة أشكال في الحالة الفيزيائية نفسها (صلبة أو سائلة أو غازية) **التأصل**.

الشكل 20-6 أكثر أنواع الكوارتز

شيوغاً هو البلوري السداسي.



تحليل النتائج

1. **قو** أي النماذج له ثلاثة محاور متساوية الطول؟ ما وجه الاختلاف بينها؟

النموذجان البلوريان اللذان لهما ثلاثة أطوال محاور متساوية هما المكعب والمعين، ويختلفان في أن المكعب زواياه 90° ، في حين أن المعين لا توجد فيه أي زاوية 90°

2. **حدّد** أي النماذج تتضمن مربعاً ومستطيلاً؟

النموذج البلوري الرباعي الأوجه.

3. **حدّد** أي النماذج له ثلاثة محاور غير متساوية؟

النماذج الثلاثة البلورية التي لها ثلاثة محاور غير متساوية هي المعين وأحادي الميل، وثلاثي الميل.

4. **استنتج** هل البلورات مثالية - في رأيك - أم فيها خلل؟ فسر إجابتك.

ليست منتظمة تماماً، حيث يمكن أن تتأثر بقوى وظروف خارجية.

نمذجة وحدات بناء البلورة

كيف يمكنك تصميم نماذج فيزيائية توضح تركيب البلورة؟

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.

2. أحضر مجموعة اطباق من الورق المقوى.

3. استعمل المقص لعمل مكعب من الورق المقوى وثبته بالشريط اللاصق.

4. ارجع إلى الجدول 4-6 واعمل نماذج من الورق المقوى تمثل وحدات بناء البلورات الموضحة فيه.

الشكل 21-6 تستخدم في البيوت

والأعمال والمعدات أسلاكاً فلزية لنقل الكهرباء. والفلز المستخدم في العادة هو النحاس، إلا أن بعض الفلزات الأخرى تستخدم في تطبيقات خاصة.



المواد الصلبة الأيونية تذكر أن كل أيون في المواد الصلبة الأيونية محاط بأيونات معاكسة له في الشحنة. ويمكن تحديد شكل البلورة وتركيب الشبكة البلورية من خلال نوع هذه الأيونات ونسبة وجودها؛ إذ تعطي قوى التجاذب بين البلورات هذه المركبات الصلابة ودرجات الانصهار العالية. والبلورات الأيونية صلبة، إلا أنها هشّة، فعند طرق البلورة الأيونية تراح الأيونات الموجبة والسالبة من مواقعها، مما يؤدي إلى تنافر بين الشحنات المتشابهة وإلى تكسر البلورة.

المواد الصلبة الفلزية إن الفلزات الصلبة تتكون من أيونات موجبة محاطة ببحر من الإلكترونات المتحركة. وتتفاوت قوة الروابط الفلزية بين الأيونات الموجبة والإلكترونات من فلز إلى آخر، ويفسر هذا الاختلاف الخصائص الفيزيائية للفلزات. فمثلاً، ينصهر القصدير عند 232°C ، بينما ينصهر النيكل عند 1455°C . وتجعل الإلكترونات المتحركة الفلزات قابلة للطرق والسحب، وعند تسليط قوة على الفلز تتحرك الإلكترونات لتجعل الأيونات مترابطة في مواقعها الجديدة. كما أن الإلكترونات المتحركة هي السبب أيضاً في جعل الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. وتستخدم الأسلاك الفلزية لتوصيل الكهرباء إلى البيوت، كما هو موضح في الشكل 21-6.

✓ **ماذا قرأت؟** صف خصائص الفلزات التي تستعمل لصناعة المجوهرات.

الفلزات قابلة للطرق، في صورة صفائح رقيقة يمكن تشكيلها لتستخدم في التصاميم الزخرفية المختلفة. والفلزات قابلة أيضاً للسحب، ويمكن استخدامها في صناعة الأقراط والعقود والسلاسل.



الشكل 22-6 استخدم الناس قديماً الزجاج غير المتبلور (الزجاج البركاني) لعمل رؤوس السهام والسكاكين؛ لأنه يكوّن حواف حادة عند كسره. يتكون الزجاج البركاني عندما تبرد الحمم البركانية بسرعة كبيرة.

المواد الصلبة غير المتبلورة يمكن تعريف المواد الصلبة غير المتبلورة بأنها المواد التي لا تترتب فيها الجسيمات بنمط مكرّر ومنتظم، ولا تحتوي على بلورات. وتتكون هذه المواد عادة عندما تبرد المواد المنصهرة بسرعة كبيرة، بحيث لا تسمح للبلورات بالتكون. يبين الشكل 22-6 مواد صلبة غير متبلورة.

يمثل الزجاج والمطاط والكثير من المواد البلاستيكية مواد صلبة غير متبلورة. وقد بينت بعض الدراسات الحديثة احتمال وجود تركيب بلوري للزجاج، فعند استخدام انحراف أشعة X في دراسة الزجاج لم يظهر وجود نمط معين في توزيع الذرات، ولكن عند استخدام النيوترونات بدلاً من أشعة X أمكن تعرّف عدة أنماط منتظمة من وحدات السليكات في بعض المناطق. ويأمل الباحثون في استخدام هذه المعلومات للتحكم في تركيب الزجاج في التطبيقات البصرية وإنتاج الألياف البصرية.

المعلومات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

التقويم 3-6

الخلاصة

18. **الفكرة الرئيسية** قارن بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.
19. صف العوامل المؤثرة في الزوجة.
20. فسر سبب استخدام الماء والصابون معاً لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.
21. قارن بين وحدة البناء والشبكة البلورية.
22. صف الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.
23. فسر سبب تكوين سطح الماء بشكل هلامي في المخبر المدرج.
24. استنتج سبب تكون سطح الزئبق في المخبر المدرج على صورة سطح محدب.
25. توقع أيّ المواد الصلبة تكون غير متبلورة: المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟
26. صمّم من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبل أن يغرق. صمّم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد الصلبة والسائلة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في الزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنّف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

التقويم 3-6

18. **الفكرة الرئيسية** قارن بين ترتيب الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة.

الجسيمات متقاربة في المواد الصلبة أكثر مما هي عليه في المواد السائلة؛ بسبب قوى التجاذب بين الجزيئات؛ حيث تتكرر جسيمات المواد الصلبة بصورة منتظمة ومرتبّة، في حين لا يحدث ذلك في المواد السائلة.

19. صف العوامل المؤثرة في اللزوجة.

تتحدّد لزوجة السائل بنوع قوى التجاذب بين الجزيئات في السائل، وحجوم الجسيمات وأشكالها، ودرجة الحرارة.

20. فسّر سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.

يقلّل الصابون والمنظّفات من التوتر السطحي للماء عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته، ممّا يسمح بحمل الأوساخ بعيدًا بوساطة الماء.

21. قارن بين وحدة البناء والشبكة البلورية.

وحدات البناء هي وحدات بناء الشبكة البلورية.

22. صف الفرق بين المواد الصلبة الجزيئية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية.

تتكوّن المادة الصلبة الجزيئية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة قوى تجاذب جزيئية، وهي أضعف من الروابط التساهمية، في حين تتكوّن المواد الصلبة التساهمية الشبكية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة روابط تساهمية.

التقويم 3-6

23. فسر سبب تكوين سطح الماء بشكل هلامي في المخبر المدرج.

لأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء. لذا، سيعتمد الماء على الحواف الداخلية للمخبر المدرج.

24. استنتج سبب تكون سطح الزئبق في المخبر المدرج على صورة سطح محدب.

لأن قوى التماسك بين ذرات الزئبق أكبر من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج.

25. توقع أي المواد الصلبة تكون غير متبلورة: المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصلبة التي يتم تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟

المادة الصلبة التي يُبرّد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج تكون غير متبلورة؛ حيث تتكوّن المواد غير المتبلورة في العادة من مواد منصهرة تُبرّد بسرعة كبيرة على أن تكون بلورات.

26. صمّم من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبل أن يغرق. صمّم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استخدم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

الحل :

نقوم بإحضار مخبرين ونضع في أحدهما كمية من الماء ونضع في الآخر كمية مساوية من كحول أيزوبروبيل ثم نلقي في مخبر الماء حجر من على ارتفاع معين ونحسب القوت اللزم كي يصل الحجر إلى قاع المخبر، ثم نلقي بنفس الحجر مرة أخرى في الكحول من على نفس الارتفاع، ثم نحدد الوقت اللازم للوصول الحجر إلى قاع المخبر، ثم نسجل الملاحظات .
نستنتج أن الحجر يستغرق وقت أكبر للوصول إلى قاع مخبر الأيزوبروبيل .

الأهداف

- تفسر كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية للمادة.
- تفسر مخطط الحالة الفيزيائية للمادة.

تغيرات الحالة الفيزيائية Phase Changes

الفكرة الرئيسية تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

الربط مع الحياة هل تساءلت يوماً أين تذهب المادة الصلبة الموجودة في ملطف الجو؟ تكون مادة ملطف الجو صلبة، وتعطي رائحة قوية عند فتحها لأول مرة، ومع الأيام تقل المادة الصلبة، وفي النهاية لا يتبقى منها شيء تقريباً، ويكون قد حان وقت وضع قطعة أخرى مكانها. لماذا لم تلاحظ تكون كمية من السائل، كتلك التي تنشأ عن الانصهار؟

تغيرات الحالة الفيزيائية الماصة للطاقة

Phase Changes That Require Energy

توجد معظم المواد في ثلاث حالات؛ اعتماداً على درجة الحرارة والضغط. وتوجد بعض المواد، ومنها الماء، في الحالات الثلاث تحت الظروف الطبيعية. وعند وجود حالتين للمادة ممزوجتين معاً بصورة غير متجانسة يقال إن هناك طورين للمادة. فالماء الثلج عبارة عن خليط غير متجانس من طورين، الماء السائل والثلج الصلب.

وعند إضافة أو انتزاع الطاقة من نظام معين تتغير حالة المادة الفيزيائية إلى حالة أخرى، كما هو ظاهر في الشكل 23-6؛ وذلك لأن حالات الماء - الثلج والسائل وبخار الماء - مألوفة لديك، وقد راقبت تغيراتها، لذا يمكن استخدام الماء مثلاً أساسياً على مناقشة تغيرات حالات المادة.

الانصهار ماذا يحدث لمكعبات الثلج في كوب من الماء؟ عند وضع مكعب ثلج في الماء تكون درجة حرارة الماء أعلى من درجة حرارة الثلج، فتتدفق الحرارة من الماء إلى مكعب الثلج. فالحرارة هي انتقال الطاقة من جسم درجة حرارته أعلى إلى جسم درجة حرارته أخفض. ولا تستخدم الطاقة التي يمتصها مكعب الثلج لرفع درجة حرارته عند درجة انصهاره، بل على عكس ذلك فهي تضعف الروابط الهيدروجينية بين جسيمات الثلج، فعندما تمتص الجسيمات على سطح مكعب الثلج طاقة كافية لتكسير الروابط الهيدروجينية التي تربط جسيمات الماء معاً في مكعبات الثلج عندها تتحرك جسيمات السطح مبتعداً بعضها عن بعض لتدخل في الحالة السائلة. وفي أثناء حركة الجسيمات تتقلص قطعة الثلج، وتستمر العملية حتى تنصهر قطعة الثلج كاملة. إذا تركت مكعبات الثلج على طاولة فمن أين تأتي الطاقة اللازمة لتنصهر المكعبات؟

مراجعة المفردات

تغير الحالة: هو تغير المادة من حالة إلى أخرى.

المفردات الجديدة

درجة الانصهار

التبخر

التبخر السطحي

ضغط البخار

درجة الغليان

درجة التجمد

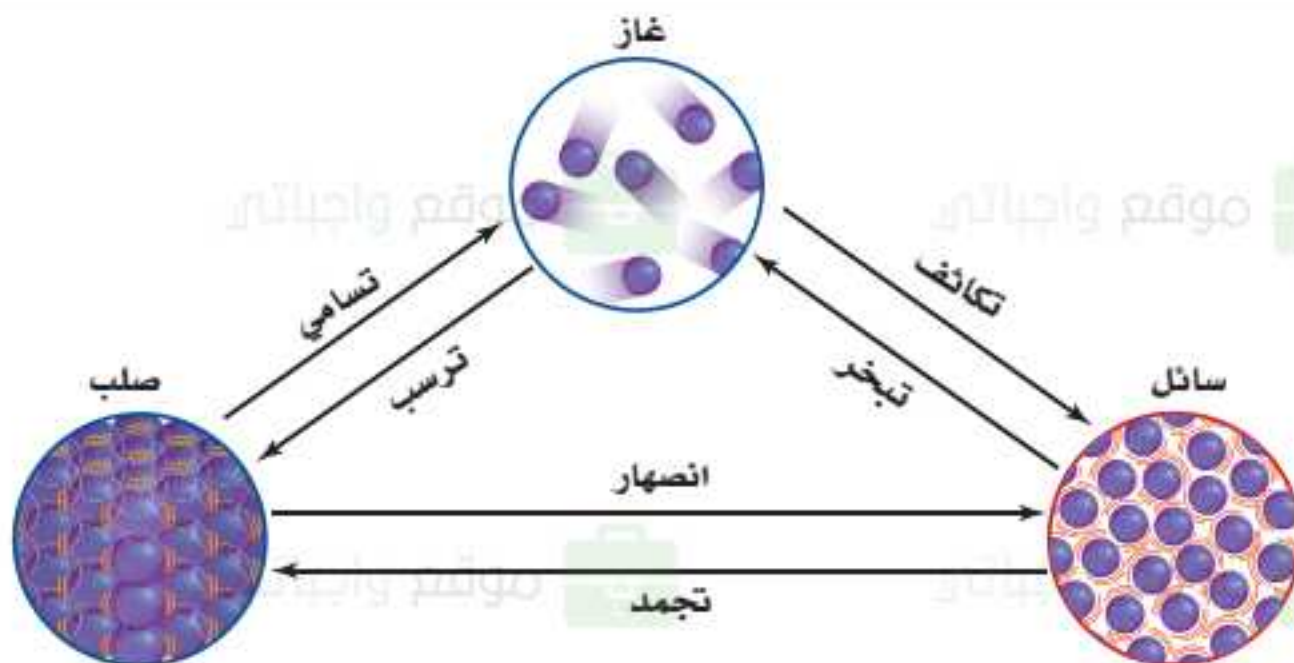
التكاثف

الترسب

مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)

النقطة الثلاثية

النقطة الحرجة



الشكل 23-6 يوضح الشكل التحولات الستة

المحتملة بين حالات المادة.

حدد ما تغيرات الحالة الفيزيائية التي

تحدث بين المواد الصلبة والمواد السائلة؟

انصهار وتجمد.

الكيمياء في واقع الحياة

التبخّر



التعرق والتبخّر السطحي من طرائق تحكم الجسم في درجة حرارته. فعندما تشعر بالسخونة يبدأ الجسم في إفراز العرق من الغدد العرقية الموجودة على سطح الجلد، وتمتص جسيمات الماء في العرق الحرارة من سطح الجلد وتتبخر، وبذلك يتم امتصاص الحرارة من أجزاء الجسم جميعها إلى الجلد عن طريق الدم.

تعتمد كمية الطاقة اللازمة لصهر مول واحد من المادة الصلبة على قوة التجاذب بين جسيمات المادة. ولأن الروابط الهيدروجينية الموجودة بين جسيمات الماء قوية فإن كمية الطاقة اللازمة لصهر الثلج تكون عالية نسبياً. إلا أن الطاقة اللازمة لصهر الثلج أقل كثيراً من الطاقة اللازمة لصهر كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)؛ حيث إن قوة التجاذب بين الأيونات أكبر كثيراً من الروابط الهيدروجينية التي في الثلج.

إن درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في الحالة السائلة والصلبة هي من الخصائص الفيزيائية المميزة للكثير من المواد الصلبة. فدرجة انصهار المادة الصلبة المتبلورة هي درجة الحرارة التي تتكسر عندها القوى التي تربط جسيمات الشبكة البلورية بعضها ببعض، فتتحول المادة إلى الحالة السائلة. من الصعب تحديد درجة الانصهار بشكل دقيق للمواد غير المتبلورة؛ لأنها تنصهر عند درجات حرارة أعلى من درجات انصهارها، وذلك لأن الانصهار لا يتم عند درجة حرارة ثابتة بسبب عشوائية تركيبها، إذ عندما يبدأ الانصهار تستمر درجة الحرارة بالارتفاع لذلك يصعب تحديد نقطة الانصهار.

التبخّر عندما ينصهر مكعب ثلج تبقى درجة حرارة الماء والثلج ثابتة لا تتغير. وعندما يتحول الثلج كله إلى ماء سائل ويكتسب النظام طاقة تزداد الطاقة الحركية للجسيمات، وترتفع درجة حرارة النظام. حيث تكون طاقة بعض جسيمات الماء أعلى من طاقة الجسيمات الأخرى. ويوضح الشكل 24-6 توزيع طاقة الجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C ؛ حيث تدل المنطقة المظللة على الجسيمات التي لها طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين جسيمات السائل.

✓ **اختبار الرسم البياني؟** صف ما يحدث للجسيمات في المنطقة المظللة في الشكل 24-6.

تكون الجسيمات في الحالة البخارية.

عندما تترك الجسيمات السائل فإنها تدخل في الحالة الغازية. وتسمى الحالة الغازية للمواد التي تكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة البخار.

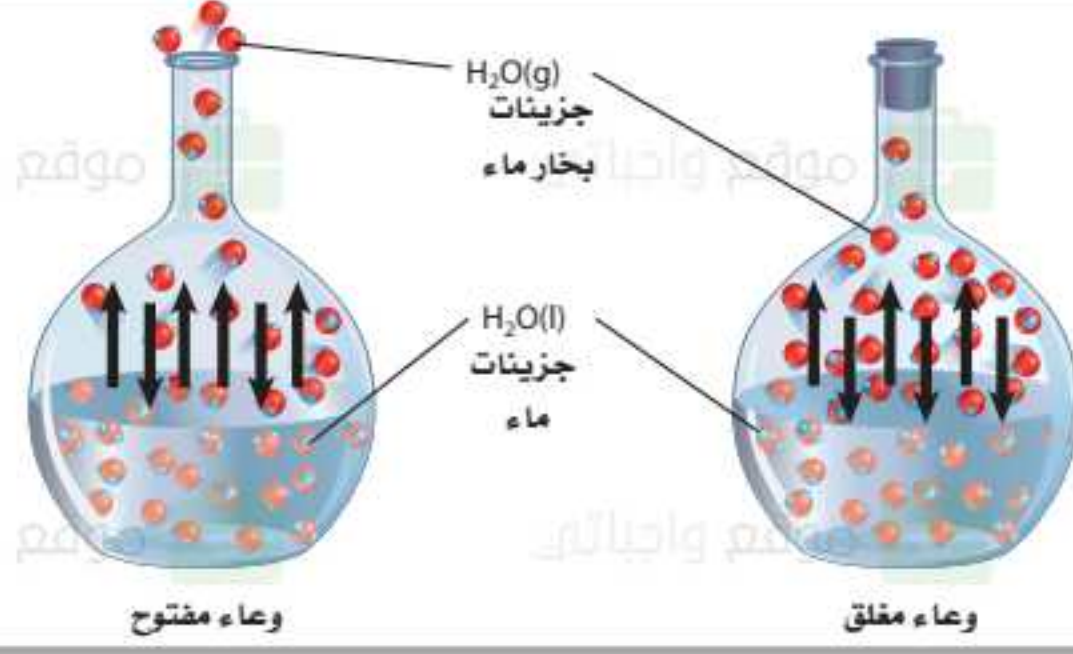


الشكل 24-6 يوضح الرسم البياني التوزيع المثالي للطاقة الحركية للجسيمات في سائل عند درجة حرارة 25°C . وتقع أكبر طاقة محتملة للجسيمات على قمة المنحنى. **صف** شكل المنحنى للسائل نفسه عند 30°C .

يتم إزاحة القمة في الرسم البياني

إلى اليمين بسبب زيادة الطاقة الحركية.

الشكل 6-25 يحدث التبخر في كلا الوعائين المغلق والمفتوح. تخرج جسيمات الماء المتبخرة من الوعاء المفتوح بينما تبقى في الوعاء المغلق، حيث يتكاثف الماء ويتجمع فوق السائل.



والتبخر هو العملية التي يتحول من خلالها السائل إلى غاز أو بخار.

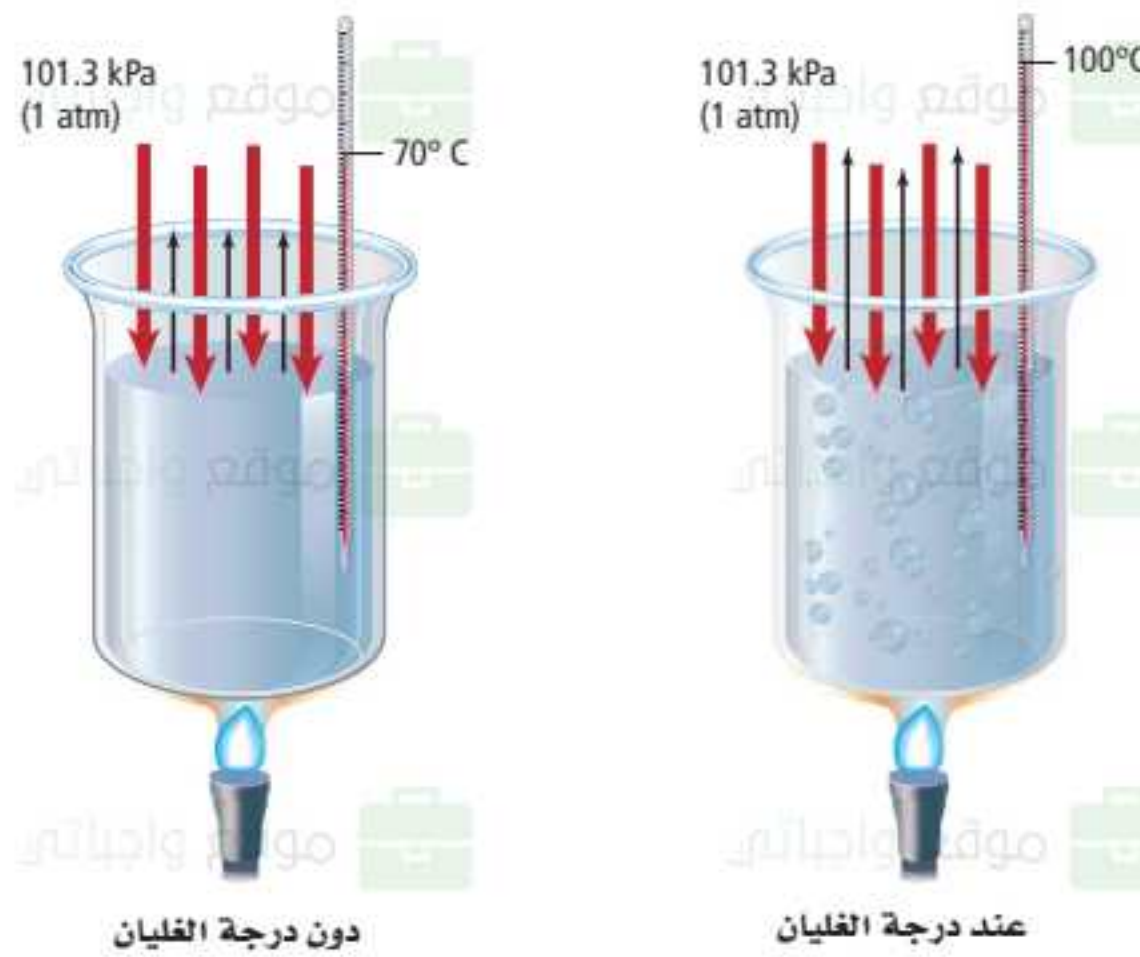
وإذا كان التسخين تدريجيًا فإن جسيمات سطح السائل تحاول الإفلات والتحول إلى غاز. تذكر أن الجسيمات عند سطح السائل تكون مرتبطة بعدد أقل من الروابط مقارنة بالجسيمات الموجودة داخل السائل.

وعندما يحدث التبخر عند سطح السائل فقط تعرف هذه العملية **بالتبخر السطحي**. ويحدث التبخر لجزيئات الماء على السطح حتى في درجات الحرارة المنخفضة؛ لأن بعض الجزيئات تكون لها طاقة كافية للتحويل إلى بخار، ومع زيادة درجة الحرارة يزداد عدد الجسيمات التي تتحول إلى الحالة الغازية.

يوضح الشكل 6-25 مقارنة بين التبخر في وعاء مغلق وآخر مفتوح. فالماء الذي في الوعاء المفتوح تبخر كافة جزيئاته من السطح ويختفي في النهاية. ويعتمد الزمن اللازم لتبخر هذه الجزيئات كافة من السطح على كمية الماء والطاقة المتوافرة. أما الذي يكون في الوعاء المغلق فتكون الحالة مختلفة تمامًا؛ حيث يتجمع بخار الماء فوق سطح السائل، ويولد ضغطًا على سطحه يعرف **بضغط البخار**.

تسمى درجة الحرارة التي يتساوى عندها ضغط بخار السائل مع الضغط الخارجي أو الضغط الجوي **درجة الغليان**. استخدم الشكل 6-26 لمقارنة ما يحدث للسائل عند درجة غليانه بما يحدث له عند درجات حرارة أقل من درجة غليانه. للجسيمات جميعها عند درجة الغليان طاقة كافية للتبخر، وتتكون فقائيع بخار السائل تحت سطح السائل، ثم ترتفع إلى السطح.

الشكل 6-26 عندما ترتفع درجة الحرارة تكتسب جسيمات الماء طاقة حركية، فيزداد ضغط البخار (الأسهم السوداء) ولكنه أقل من الضغط الجوي (الأسهم الحمراء). ويصل السائل إلى درجة غليانه عندما يصبح ضغط البخار مساويًا للضغط الجوي. وتكون درجة غليان الماء عند سطح البحر 100°C



التسامي هو تحول المادة مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة. فمثلاً، يتسامى كلاً من اليود الصلب وثاني أكسيد الكربون الصلب (الجليد الجاف) عند درجة حرارة الغرفة. ويستخدم الجليد الجاف الظاهر في الشكل 6-27 للحفاظ على برودة المواد في أثناء الشحن، وبخاصة المواد التي تتلف من انصهار الثلج. وتتسامى كرات العث التي تحتوي على مادة النفثالين أو بيتا ثنائي كلورو البنزين، وكذلك معطرات الجو الصلبة.

تغيرات الحالة الفيزيائية الطاردة للطاقة Phase Changes That Release Energy

هل استيقظت صباح يوم بارد فلاحظت صقيعاً على نافذة منزلك، أو نقاطاً من الندى تغطي زجاج السيارات؟ هل لاحظت قطرات من الماء تتكون على سطح كأس ماء ثلج من الخارج؟ هذه الظواهر مثال على تغيرات الحالة التي تطلق الطاقة إلى محيطها.

التجمد افترض أنك وضعت كأس ماء في مجمد الثلاجة، فخلال عملية التبريد يفقد الماء الحرارة، فتفقد جسيمات الماء طاقتها الحركية، وتقل سرعتها، ويصبح انزلاق بعضها حول بعض أقل. وعندما تُفقد طاقة حركية كافية تُبقي الروابط الهيدروجينية التي بين جسيمات الماء الجسيمات ثابتة في مواقعها ومتجمدة. والتجمد عكس الانصهار. وتعرف **درجة التجمد** بأنها درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل إلى صلب بلوري.

التكاثف عندما تفقد جسيمات بخار الماء الطاقة فإن سرعتها تقل وتصبح قدرتها على تكوين روابط هيدروجينية بين بعضها مع البعض أكبر. وينتج عن تكون الروابط الهيدروجينية طاقة حرارية، مما يعني تغير حالة البخار إلى الحالة السائلة. وتعرف عملية تحول البخار إلى سائل **بالتكاثف**، وهي عكس عملية التبخر. هناك العديد من العوامل المساهمة في التكاثف، إلا أن عملية التكاثف تتضمن انتقال الطاقة الحرارية. فعلى سبيل المثال، عندما تلامس جسيمات بخار الماء سطحاً بارداً مثل سطح كأس ماء ثلج تنتقل الطاقة الحرارية من جسيمات بخار الماء إلى الكأس الباردة، فتتكاثف هذه الجسيمات على السطح الخارجي للكأس. وتحدث العملية نفسها في أثناء الليل عندما تتكاثف جسيمات بخار الماء الموجودة في الهواء مكونة قطرات الندى على زجاج السيارة وأوراق النباتات أو الأعشاب أو أي سطح بارد.

الربط مع علم الأرض تنتج السحب والضباب والأمطار جميعها عن التكاثف. وتتكون كل هذه الظواهر عندما يمر الهواء المشبع ببخار الماء فوق أرض باردة أو مسطح مائي. ويحتاج تكوينها إلى عامل آخر، هو جسيمات صلبة صغيرة جداً معلقة في الهواء تسمى نوى التكاثف. يمكن أن تكون هذه الجسيمات غباراً أو سناًجاً أو رذاذاً (aerosols)، ومن ذلك ثاني أكسيد الكبريت أو أكسيد النيتروجين الذي يتكاثف عليه بخار الماء. وقد يستقر الهواء الدافئ في بعض الحالات فوق الهواء البارد، وهو ما يعرف بالانقلاب الحراري. ويبين الشكل 6-28 ضباباً ناتجاً عن هذا الانقلاب.

✓ **ماذا قرأت؟** صف تكاثف بخار الماء في الجو.

يتكاثف بخار الماء في الهواء على نوى التكاثف عندما يتصاعد، أو يمر على الأرض الباردة أو الماء.



الشكل 6-27 تحفظ قطع اللحم مبردة بوساطة الجليد الجاف. **وضّح لماذا يفضل الجليد الجاف على الثلج العادي في تبريد اللحوم ومشتقاتها في أثناء الشحن؟**

يتسامى الجليد الجاف بدلاً من أن يكون ماءً سائلاً، إذ يلحق الماء السائل الضرر بمنتجات الأطعمة.

الشكل 6-28 عادة يصبح الهواء أكثر برودة مع الارتفاع. يحدث انقلاب درجة الحرارة عندما تنعكس الحالة ويصبح الهواء أكثر دفئاً عند المرتفعات وهذا الانقلاب قد يحصر الدخان فوق المدن والضباب في وديان الجبال.



الترسب عندما يلامس بخار الماء سطح نافذة باردة في الشتاء تتكون قطرات صلبة على النافذة تسمى الصقيع. فالترسب هو عملية تحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة، وهي عكس التسامي، فتتكون رقائق الثلج عندما يتحول بخار الماء الموجود في طبقات الجو العليا إلى بلورات من الثلج الصلب، وتنبعث الطاقة خلال تكونها.

مخطط الحالة الفيزيائية (الطور) Phase Diagram

يتحكم متغيران معاً في حالة المادة، هما: الضغط ودرجة الحرارة. ولهذين المتغيرين تأثيرات عكسية على المادة. حيث تعمل زيادة درجة الحرارة مثلاً على رفع معدل تبخر الماء، بينما تعمل زيادة الضغط على رفع معدل تكاثف البخار. ومخطط الحالة الفيزيائية (الطور) رسم بياني للضغط مقابل درجة الحرارة يوضح حالة المادة تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والضغط. يظهر الشكل 6-29 مخطط الطور للماء، حيث يمكن استخدامه لتخمين حالة الماء عند أي درجة حرارة وضغط. لاحظ وجود ثلاث مناطق تمثل الحالة الفيزيائية: صلب وسائل وغاز، إضافة إلى وجود ثلاثة منحنيات تفصل هذه المناطق بعضها عن بعض. يوجد عند أي نقطة على امتداد خط المنحني حالتان فيزيائيتان معاً للماء. يوضح المنحني الأصفر القصير ظروف الضغط والحرارة التي يوجد عندها بخار وثلج معاً. أما المنحني الأزرق الطويل فيوضح ظروف الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة سائل وبخار معاً، في حين يوضح المنحني الأحمر الضغط ودرجة الحرارة التي يوجد عندها الماء في صورة ثلج وسائل معاً.

تسمى النقطة (A) التي تتقاطع عندها المنحنيات الحمراء والزرقاء والصفراء النقطة الثلاثية للماء. والنقطة الثلاثية نقطة على الرسم البياني تمثل درجة الحرارة والضغط؛ حيث يوجد عندها الماء في حالاته الثلاث معاً.

ويمكن للتغيرات الستة كلها أن تحدث عند النقطة الثلاثية: التجمد والانصهار والتبخر والتكاثف والتسامي والترسب. وتعرف النقطة (B) بالنقطة الحرجة، وهي النقطة التي تمثل كلاً من الضغط ودرجة الحرارة التي لا يمكن للماء بعدها أن يكون في الحالة السائلة. وإذا وجد بخار الماء عند درجة الحرارة الحرجة فلا يمكن لزيادة الضغط أن تحول بخار الماء إلى سائل.

الشكل 6-29 يوضح هذا الرسم

مخطط الطور للماء عند درجات حرارة

وضغوط مختلفة.

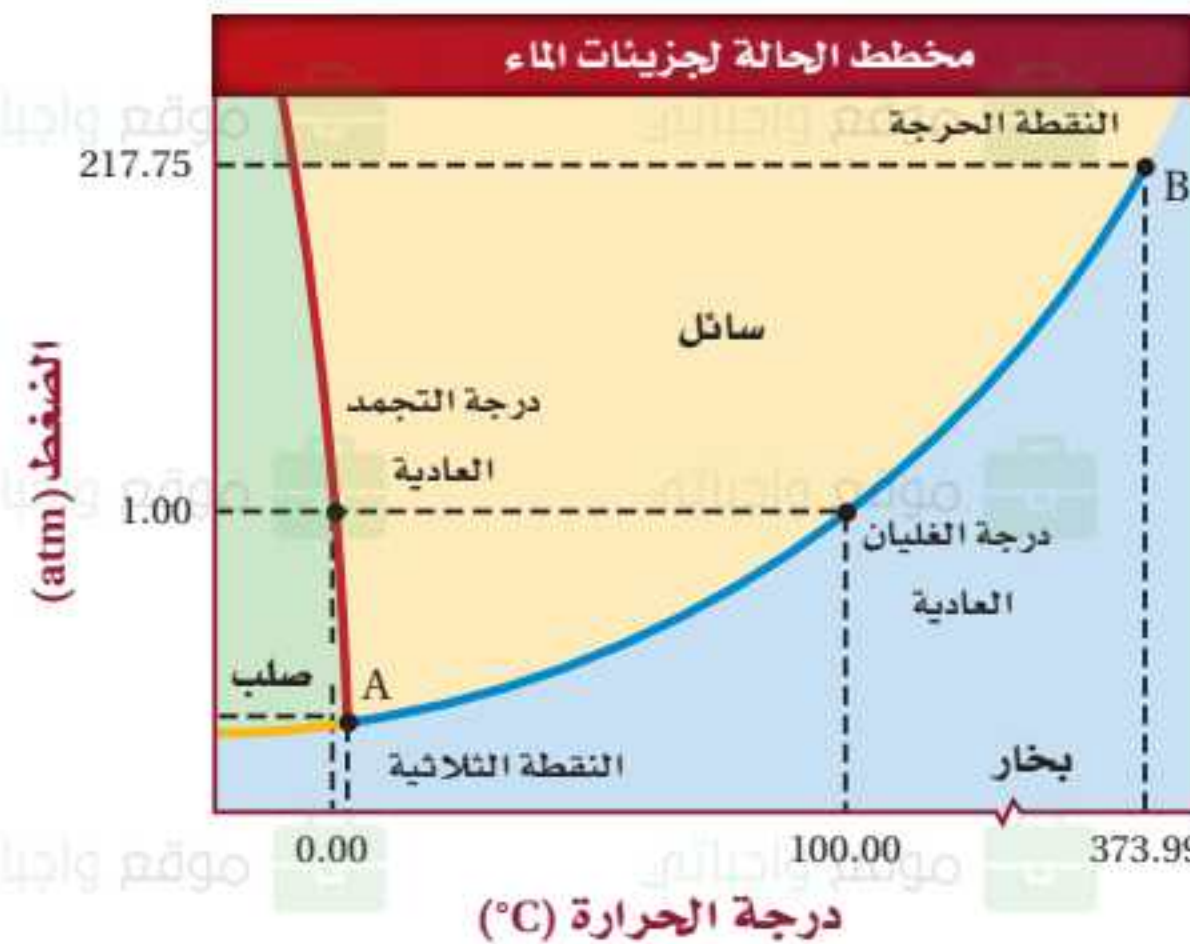
اختبار الرسم البياني؟

حدد حالة الماء الفيزيائية

عند درجة حرارة 100.00°C

وضغط (2.00atm) .

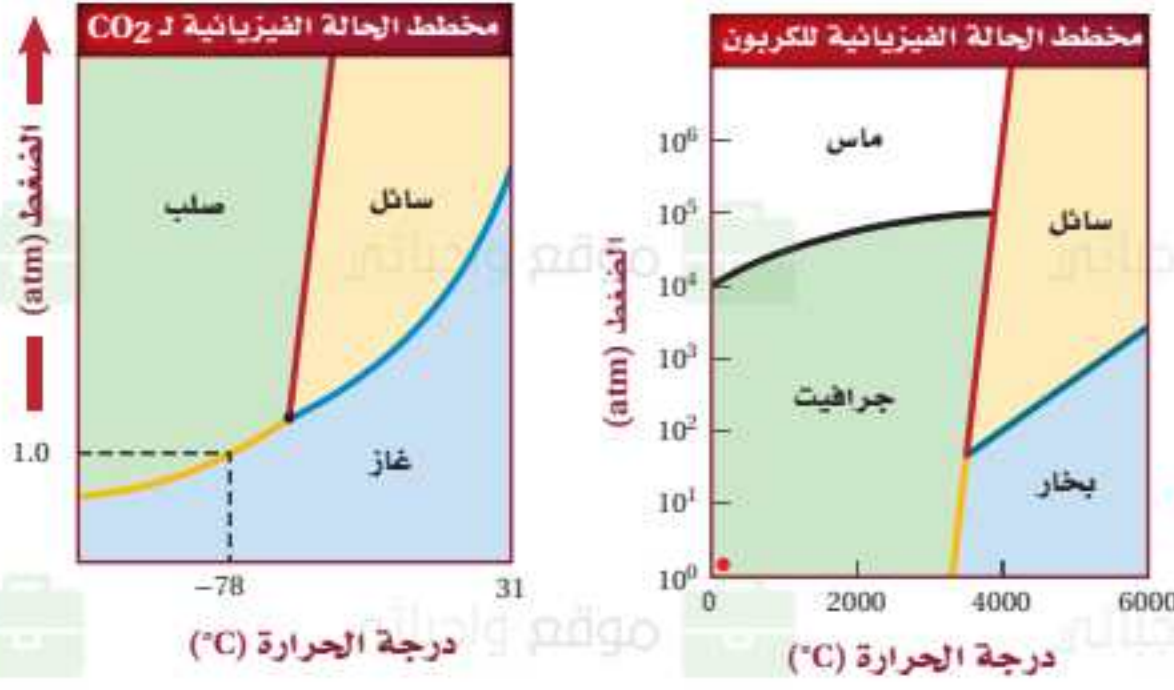
سائل.



اختبار الرسم البياني؟ قارن بين ميل المنحنى الأحمر في

كلا الرسمين البيانيين لكل من الماء وثاني أكسيد الكربون. كيف يختلف تأثير كل من الماء وثاني أكسيد الكربون في التفاعلات بارتفاع الضغط عند المنحنى صلب/ سائل؟

يكون الماء في الحالة الصلبة عند ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة، وهو ما لا ينطبق على ثاني أكسيد الكربون.



الشكل 6-30 يظهر مخطط الطور معلومات مفيدة، منها: لماذا يتسامى ثاني أكسيد

الكربون في الظروف العادية؟ وسبب وجود نوعين من الكربون الصلب.

يختلف مخطط الطور للمواد؛ وذلك بسبب اختلاف درجات تجمدها وجليانها. ومع ذلك يعطي كل مخطط المعلومات نفسها عن الحالة الفيزيائية والنقطة الثلاثية. لذا فإنك ستغير اختيار مدى درجات الحرارة ليعكس الخصائص الفيزيائية للمادة.

يُظهر مخطط الطور معلومات مهمة عن المواد. فعلى سبيل المثال، يوضح مخطط الطور لثاني أكسيد الكربون في الشكل 6-30 سبب تسامي ثاني أكسيد الكربون تحت الظروف العادية. إذا بحثت عن 1.0 atm على منحنى ثاني أكسيد الكربون، وتبعت الخط المنقط للمنحنى الأصفر فستجد أن ثاني أكسيد الكربون يتغير من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية عند 1 atm فقط. وإذا مددت الخط المنقط إلى ما بعد المنحنى الأصفر فسيُظهر الشكل أن ثاني أكسيد الكربون لا يتحول إلى سائل مع زيادة درجة الحرارة، بل يبقى في الحالة الغازية.

يظهر الشكل الأيمن مخطط الطور للكربون. لاحظ احتواء الرسم على متآصلين للكربون في منطقة الحالة الصلبة: الجرافيت وهو الحالة المستقرة للكربون عند درجة الحرارة والضغط العاديين والمحددة بالنقطة الحمراء. والألماس الأكثر استقراراً عند درجات الحرارة والضغط العاليين. والألماس الموجود عند درجة حرارة الغرفة وضغطها يتكوّن في الأصل عند درجة حرارة وضغط عاليين.

تجربة
عملية

نوى التجمد

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة

عين الإشرافية



التقويم 6-4

الخلاصة

27. الفكرة الرئيسية اشرح كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية؟

28. فسر الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمد.

29. قارن بين الترسيب والتسامي.

30. قارن بين التسامي والتبخر.

31. صف المعلومات التي يوضحها مخطط الطور.

32. فسر ماذا تمثل كل من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الطور؟

33. حدد الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على الشكل 6-29، عند درجة حرارة 75.00°C وضغط (3.00 atm).

تسمى حالات المادة بالأطوار

عندما توجد معاً كأجزاء

مستقلة لمخلوط.

تحدث تغيرات الطاقة خلال

تغيرات حالات المادة الفيزيائية.

يوضح مخطط الطور تأثير

اختلاف درجات الحرارة

والضغط في حالة المادة.

الإجابة في الصفحة التالية

التقويم 4-6

27. **الفكرة الرئيسية** اشرح كيف يؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغير الحالة الفيزيائية؟

تؤدي إضافة الطاقة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات مما يقلل من قوى التجاذب بين الجزيئات. في حين تؤدي إزالة الطاقة إلى تقليل الطاقة الحركية للجسيمات وازدياد قوى التجاذب بين الجزيئات.

28. **فسر الاختلاف بين عمليتي الانصهار والتجمد.**

يحدث التجمد عندما يتحول السائل إلى الحالة الصلبة وتنطلق الطاقة. ويحتاج الانصهار إلى طاقة لتحويل المادة الصلبة إلى الحالة السائلة.

29. **قارن بين الترسيب والتسامي.**

تمر المادة بمرحلة الترسيب عندما تتحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة، في حين أنها تمر بمرحلة التسامي عندما تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معينة عند درجة الحرارة نفسها.

30. **قارن بين التسامي والتبخر.**

تصبح المادة في كلتا العمليتين بخاراً؛ فهي تتحول خلال التسامي من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة، أما خلال التبخر فتكتسب جسيمات السائل الطاقة الكافية لتتحول إلى الحالة الغازية. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معينة عند درجة الحرارة نفسها.

التقويم 6-4

31. صف المعلومات التي يوضحها مخطط الطور.

يُبين مخطط الحالة الفيزيائية درجة الحرارة والضغط التي تكون عندها المادة في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية.

32. فسر ماذا تمثل كل من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الطور؟

النقطة الثلاثية: هي درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في حالاتها الفيزيائية الثلاث. أما النقطة الحرجة فهي درجة الحرارة والضغط التي لا يمكن للمادة أن توجد بعدهما في الحالة السائلة.

33. حدد الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على الشكل 29-6، عند درجة حرارة 75.00°C وضغط (3.00 atm).



الحالة الفيزيائية للماء هي الحالة السائلة.

الكيمياء في واقع الحياة

كيمياء الكاكاو



الشكل 2 تتم معالجة الشوكولاتة ببطء، حتى يظهر التركيب البلوري فيها مما يعطي للشوكولاتة المظهر الخاص به.

تتطلب جسيمات الشوكولاتة الأصغر حجمًا كمية أكبر من زبد الكاكاو لتغطية سطحها الصلب، ويسمح المزيد من زبد الكاكاو بين الجسيمات الصلبة بانسياب الشوكولاتة.

الملمس السلس إذا احتوت الشوكولاتة على كمية قليلة من زبد الكاكاو بين جسيماتها الصلبة فإنها تصبح لزجة جدًا ما يمنع انسيابها في القالب. ولتحسين انسياب الشوكولاتة دون تكبير مساحة السطح يقوم المصنعون بإضافة المزيد من زبد الكاكاو، أو مستحلب الليستين إلى المزيج، وهو مادة دهنية تستخرج من حبوب الصويا، تساعد على إبقاء جسيمات الزبد معلقة بتجانس في الشوكولاتة.

التبلور والخطوة الأخرى المهمة في عملية تصنيع الشوكولاتة هي الرج. ويتم التحكم خلال هذه العملية في درجة حرارة الشوكولاتة بحرص؛ للتأكد من تكون البلورات المطلوبة. وإذا لم يتم رج الشوكولاتة بصورة مناسبة تتكون بلورات تعطي نوعًا رديئًا من الشوكولاتة. ويؤدي تشكيل الشوكولاتة بصورة بلورات - كما هو ظاهر في الشكل (2) - إلى جعلها أكثر صلابة ولمعانًا، ويسهل قضمها، وتنصهر عند درجة حرارة الجسم.

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن معلومات أخرى عن الشوكولاتة، ثم اكتب تقريرًا قصيرًا.

قد تحتوي التقارير على العديد من المعلومات، مثل مكان نمو الحبوب، وكيفية معالجتها، وكيفية توزيع المنتج النهائي وبيعه.

الشوكولاتة مادة غذائية، موطنها الأصلي أمريكا الوسطى والمكسيك. وقد نقل هنري كورتز حبوب الكاكاو وطريقة صناعة مشروب الشوكولاتة إلى إسبانيا، بعدما قدم حاكم الأزتيك مونتيوزوما في عام 1519م المشروب المر لحبوب الكاكاو، حيث أصبح مشروب الشوكولاتة من المشروبات المشهورة والغالية. بقيت الشوكولاتة من المنتجات الغذائية الخاصة بالأغنياء حتى منتصف القرن التاسع عشر، عندما أصبح ثمنها في متناول عامة الناس، وقد تحسنت تقنيات معالجتها.

لا تشبه الشوكولاتة المقدمة الآن ما تم تقديمه في قصر مونتيوزوما؛ فقد أعطت تقنيات المعالجة، وكذلك المواد المضافة إلى الشوكولاتة، ما نستمتع به اليوم من سلاسة وحلاوة ولذة.

تنصهر في فمك تتكون الشوكولاتة من مزيج من الكاكاو، وزبد الكاكاو، ومكونات أخرى تشكل مزيجًا صلبًا عند درجة حرارة الغرفة، ولكنه ينصهر في الفم. لماذا؟ يعود ذلك إلى أن أهم مكونات الشوكولاتة هو زبد الكاكاو، وهو دهن ينصهر عند درجة حرارة الجسم.

حجم الجسيمات تكون الشوكولاتة سائلة في أثناء عملية التحضير، ويغلف زبد الكاكاو المنصهر جسيمات الكاكاو الصلبة، إضافة إلى السكر والحليب. ويجب ألا تكون هذه الجسيمات الصلبة كبيرة وإلا أصبحت الشوكولاتة على هيئة حبيبات في الفم. ويجب أن يكون قطر الجسيمات بصورة عامة ما بين $2.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ و $3.0 \times 10^{-5} \text{ m}$ تقريبًا.

السيطرة على التدفق وكما تلاحظ من الشكل (1) للعدد الكبير من الجسيمات الصغيرة مساحة سطحية أكبر من قطعة واحدة لها الكتلة نفسها.

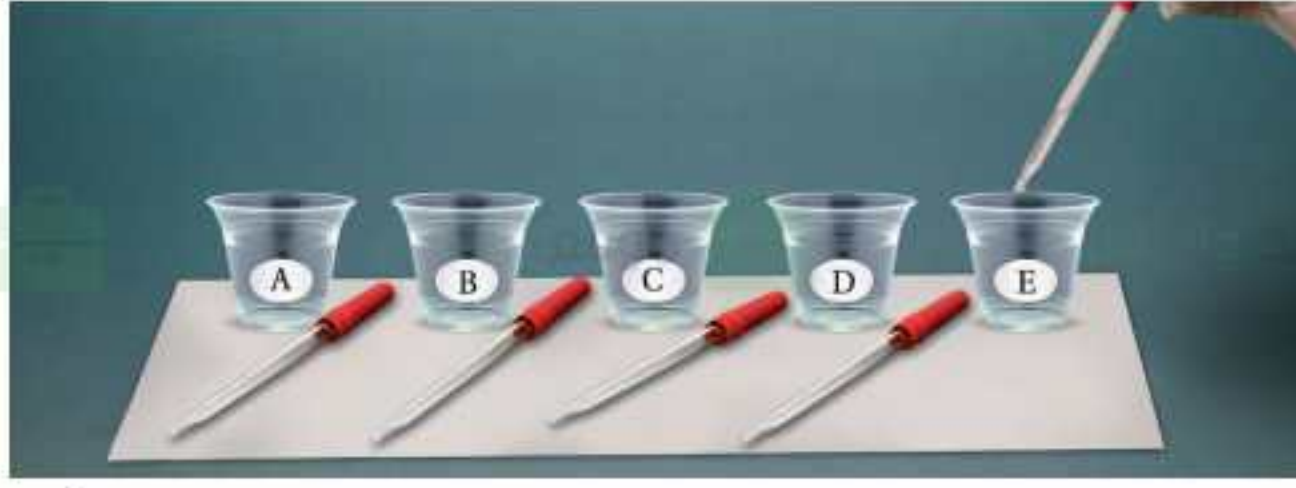


تزداد مساحة السطح

الشكل 1 على الرغم من أن كتلة الجسيمات متساوية إلا أن زيادة مساحة سطح الجسيمات تسمح بزيادة كمية زبد الكاكاو الذي يغطي الجسيمات، مما يزيد من تدفق الشوكولاتة.

مختبر الكيمياء

مقارنة معدلات التبخر



- استخدم الخطوات السابقة لتصميم تجربة لتلاحظ تأثير الحرارة في سرعة التبخر السطحي للإيثانول. سوف يزودك معلمك بعينة من الإيثانول الدافئ.
- التنظيف والتخلص من النفايات نظف أدوات المختبر كما يرشدك معلمك.

حل واستنتج

- صنف أي السوائل تتبخر بسرعة، وأيها ببطء؟
- قوم اعتماداً على البيانات، أي السوائل كانت فيها قوى التجاذب بين الجزيئية قوى تشتت؟
- فكر ما العلاقة بين التوتر السطحي وبين شكل نقطة السائل؟ ما قوى التجاذب التي تزيد من التوتر السطحي للسائل؟
- قوم كحول الأيزوبروبيل الذي استخدمته مزيج من كحول وماء. هل يتبخر الكحول النقي أسرع من خليط الكحول والماء، أم أبطأ منه؟ فسر إجابتك.
- قوم الأمونيا المنزلية مزيج من الأمونيا والماء. اعتماداً على البيانات التي جمعتها، هل يوجد أمونيا أم ماء أكثر في المزيج؟ فسر إجابتك.
- قوم كيف يمكن مقارنة سرعة تبخر الإيثانول الساخن مع الإيثانول عند درجة حرارة الغرفة؟
- شارك بياناتك مع زملائك في الصف.
- تحليل الخطأ ما التغيرات التي يمكن إدخالها على الإجراءات السابقة لتجعل التجربة أكثر دقة؟

استقصاء

تصميم تجربة كيف يؤثر اختلاف مساحة السطح في نتائج التجربة؟ صمم تجربة للتحقق من فرضيتك.

الخلفية النظرية: تحدد عدة عوامل سرعة التبخر السطحي لعينة من السائل. ويعد حجم السائل العامل الرئيس؛ حيث تحتاج قطرة واحدة من الماء لكي تتبخر إلى زمن أقل من الزمن اللازم لتبخر لتر من الماء. أما كمية الطاقة المعطاة للعينة فهي عامل آخر.

سؤال: كيف تؤثر القوى بين الجزيئية في سرعة تبخر السوائل؟

المواد والأدوات اللازمة

ماء مقطر	5 قطرات
إيثانول	5 أكواب بلاستيكية صغيرة
أيزوبروبيل الكحول	قلم تخطيط
أستون	ورقة شمعية
أمونيا (منزلية)	ساعة إيقاف

احتياطات السلامة



الخطوات

- اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
- صمم جدول بيانات لتسجيل البيانات.
- عنون الأكواب بالرموز A، B، C، D، E؛ حيث A: ماء مقطر، B: إيثانول، C: أيزوبروبيل الكحول، D: أستون، E: أمونيا منزلية.
- ضع 1 mL من الماء المقطر في الكوب (A) باستخدام قطارة، ثم ضع القطارة بجانب الكوب، وكرر العملية نفسها مع السوائل الأخرى.
- ضع ورقة شمعية على الطاولة، وحدد عليها خمس نقاط لتضع عليها القطرات التي ستفحصها.
- أعد ساعة الإيقاف، وضع قطرة واحدة من الماء المقطر على المكان المحدد على الورقة الشمعية، ثم احسب الوقت اللازم لتبخر نقطة الماء. وإذا احتاجت النقطة إلى أكثر من 5 دقائق (300 s) فسجل ذلك في جدولك في صورة (< 300 ثانية).
- كرر الخطوة 6 مع السوائل الأربعة الأخرى.

1. صنف أي السوائل تتبخر بسرعة، وأيها ببطء؟

**الأسيتون هو الأسرع،
وأما الماء والأمونيا فهما الأبطأ.**

2. قوّم اعتمادًا على البيانات، أي السوائل كانت فيها قوى التجاذب بين الجزيئية قوى تشتت؟

**في السائل غير القطبي الذي يتبخر
بسرعة (الأسيتون).**

3. فكر ما العلاقة بين التوتر السطحي وبين شكل نقطة السائل؟
ما قوى التجاذب التي تزيد من التوتر السطحي للسائل؟

**كلما زاد التوتر السطحي كان شكل
النقطة كرويًا أو مقببًا. تزيد قوى التجاذب
بين الجزيئية من التوتر السطحي.**

4. قوّم كحول الأيزوبروبيل الذي استخدمته مزيج من
كحول وماء. هل يتبخر الكحول النقي أسرع من خليط
الكحول والماء، أم أبطأ منه؟ فسر إجابتك.

**يمكن أن يتبخر الكحول النقي أسرع
لأن لديه روابط هيدروجينية أضعف.**

5. قوّم الأمونيا المنزلية مزيج من الأمونيا والماء. اعتمادًا على
البيانات التي جمعتها، هل يوجد أمونيا أم ماء أكثر في
المزيج؟ فسر إجابتك.

**ماء أكثر؛ لأن سرعة تبخير الأمونيا
مشابهة لسرعة تبخير الماء.**

6. قوّم كيف يمكن مقارنة سرعة تبخر الإيثانول الساخن
مع الإيثانول عند درجة حرارة الغرفة؟

**يتبخر الإيثانول الساخن أسرع
من الإيثانول عند درجة حرارة
الغرفة بسبب زيادة الطاقة الحركية.**

7. شارك بياناتك مع زملائك في الصف.

8. تحليل الخطأ ما التغيرات التي يمكن إدخالها على
الإجراءات السابقة لتجعل التجربة أكثر دقة؟

**من خلال تحديد الحجم الدقيق
لكل سائل يتم اختباره.**

استقصاء

تصميم تجربة كيف يؤثر اختلاف مساحة السطح في نتائج
التجربة؟ صمّم تجربة للتحقق من فرضيتك.

دليل مراجعة الفصل

6

الفصل

الفكرة العامة تفسر نظرية الحركة الجزيئية الخصائص المختلفة للمواد الصلبة والسائلة والغازية.

6-1 الغازات

الفكرة الرئيسية

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

المفردات

- نظرية الحركة الجزيئية .
- الضغط الجوي .
- التصادم المرن .
- درجة الحرارة .
- الانتشار .
- قانون جراهام للتدفق .
- قانون دالتون للضغط الجزئي .

المفاهيم الرئيسية

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية خصائص الغازات، اعتمادًا على حجم جسيماتها وحركتها وطاقاتها.
- يستخدم قانون دالتون للضغط الجزئي لتحديد ضغط كل غاز في خليط الغازات.
- يستخدم قانون جراهام للمقارنة بين معدل سرعة انتشار غازين.

$$\sqrt{\frac{\text{معدل انتشار A}}{\text{معدل انتشار B}}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ B}}{\text{الكتلة المولية لـ A}}}$$

6-2 قوى التجاذب

الفكرة الرئيسية

تحدد القوى بين الجزيئات - ومنها قوى التشبت، والقوى الثنائية القطبية، والروابط الهيدروجينية - حالة المادة عند درجة حرارة معينة.

المفردات

- قوى التشبت
- القوى الثنائية القطبية
- الرابط الهيدروجيني

المفاهيم الرئيسية

- القوى الجزيئية أقوى من القوى بين الجزيئات.
- قوى التشبت قوى بين الجزيئات غير القطبية تحدث بين أقطاب مؤقتة.
- تحدث القوى الثنائية القطبية بين الجزيئات القطبية.

6-3 المواد السائلة والمواد الصلبة

الفكرة الرئيسية

لجسيمات المواد الصلبة والسائلة قدرة محدودة على الحركة، كما يصعب ضغطها بسهولة.

المفردات

- اللزوجة
- التوتر السطحي
- عوامل خافضة للتوتر السطحي
- وحدة البناء
- التأصل
- المادة الصلبة المتبلورة
- المواد الصلبة غير المتبلورة

المفاهيم الرئيسية

- تفسر نظرية الحركة الجزيئية سلوك المواد السائلة والصلبة.
- تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في المواد السائلة في اللزوجة والتوتر السطحي والتلاصق والتماسك.
- تصنف المواد الصلبة البلورية حسب الشكل والتركيب.

6-4 تغيرات الحالة الفيزيائية

المفاهيم الرئيسية

- تسمى حالات المادة بالأطوار عندما توجد معًا كأجزاء مستقلة لمخلوط.
- تحدث تغيرات الطاقة خلال تغيرات حالات المادة الفيزيائية.
- يوضح مخطط الطور تأثير اختلاف درجات الحرارة والضغط في حالة المادة الفيزيائية.

الفكرة الرئيسية تتغير حالة المادة عند إضافة الطاقة إليها أو انتزاعها منها.

المفردات

- درجة الانصهار
- التبخر
- التبخر السطحي
- ضغط البخار
- درجة الغليان
- درجة التجمد
- التكاثف
- الترسيب
- مخطط الحالة الفيزيائية (الطور)
- النقطة الثلاثية
- النقطة الحرجة

6 تقويم الفصل

6-1

إتقان المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟

نوع من التصادم لا يوجد فيه فقدان للطاقة الحركية.

35. كيف تتغير الطاقة الحركية للجسيمات تبعاً لدرجات الحرارة؟

تناسب طاقة حركة الجسيمات طردياً مع درجة حرارتها.

36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدد والانضغاط.

يمكن أن تنضغط الغازات بسهولة في حجم صغير عندما يقع الضغط عليها؛ وذلك بسبب الفراغات بين جسيماتها. وتساعدها حركتها العشوائية على العودة لتمدد عند إزالة الضغط عنها.

37. اذكر افتراضات نظرية الحركة الجزيئية.

(1) تتكون المادة من جسيمات صغيرة.

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

(3) للجسيمات طاقة حركية، ويمثل متوسط هذه الطاقة درجة الحرارة.

38. صف الصفات العامة للغازات.

للغازات كثافة قليلة، ويمكن ضغطها. كما أنها تتمدد لتملأ الحيز المتاح لها، وتنتشر، وتتدفق.

39. قارن بين الانتشار والتدفق، ثم فسّر العلاقة بين سرعة هذه العمليات والكتلة المولية للغاز.

كلاهما يتضمن حركة جسيمات الغاز؛

فالانتشار هو حركة إحدى المواد من خلال

الأخرى، أما التدفق فهو تسرب المادة خلال

الثقوب الصغيرة نتيجة للضغط. ويتناسب

معدل سرعة كل من الانتشار والتدفق عكسياً

مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغاز.

40. في الشكل 31-6، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 31-6

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

6 تقويم الفصل

41. صناعة الخبز فسّر لماذا تختلف تعليمات طريقة عمل الخبز الموجودة على علبة المكونات في المناطق المنخفضة والمرتفعة؟ وهل تتوقع أن يكون الزمن اللازم لعمل الخبز أطول أم أقصر عند الارتفاعات العالية؟

بسبب اختلاف ضغط الهواء نتيجة اختلاف الارتفاع. يقل الضغط على المرتفعات العالية مؤدياً إلى انخفاض في درجة غليان الماء. لذا، يزداد زمن إعداد الخبز.

إتقان المسائل

42. ما الكتلة المولية لغاز يتدفق 3 مرات أبطأ من الهيليوم؟

$$\frac{\text{معدل تدفق He}}{\text{معدل تدفق X}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{\text{الكتلة المولية لـ He}}}$$

$$\frac{3}{1} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{4.00 \text{ g/mol}}}$$

$$= 36.0 \text{ g/mol}$$

43. ما نسبة سرعة تدفق الكريبتون إلى النيون عند نفس درجة الحرارة والضغط؟

$$\frac{\text{معدل تدفق Kr}}{\text{معدل تدفق Ne}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ Ne}}{\text{الكتلة المولية لـ Kr}}}$$

$$= \sqrt{\frac{20.18}{83.80}} = 0.4931$$

44. احسب الكتلة المولية لغاز سرعة تدفقه أسرع 3 مرات من الأكسجين تحت الظروف نفسها.

$$\frac{\text{معدل تدفق O}_2}{\text{معدل تدفق X}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{\text{الكتلة المولية لـ O}_2}}$$

$$\frac{1}{3} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{32.00 \text{ g/mol}}}$$

$$= 3.56 \text{ g/mol}$$

45. ما الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في عينة هواء، إذا كان الضغط الكلي لها 1.00 atm والضغط الجزئي للنيتروجين 0.799 atm وللأكسجين 0.20 atm وللغازات الأخرى المتبقية 0.0044 atm؟

$$1.00 \text{ atm} - 0.79 \text{ atm} - 0.20 \text{ atm} - 0.0044 \text{ atm} = 0.01 \text{ atm}$$

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

$$0.58 \text{ atm} + 0.41 \text{ atm} = 0.99 \text{ atm}$$

6 تقويم الفصل

50. يمثل الشكل 32-6 تجربة؛ إذ يملأ الدورق الأيسر فيها بغاز الكلور، ويملأ الدورق الأيمن بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح الصمام بينهما. افترض أن درجة حرارة النظام ثابتة خلال التجربة.



الشكل 32-6

سوف تنتشر الغازات حتى تمتلئ الحجرتان بخليط الغاز نفسه.

6-2

إتقان المفاهيم

51. وضح الفرق بين القطبية المؤقتة و القطبية الدائمة.

تتكون القطبية المؤقتة عندما يقترب جزيء من جزيء آخر، وتتنافر الإلكترونات بعضها عن بعض منتجة كثافة إلكترونية أكبر على جانب واحد من الجزيء. في حين توجد القطبية الدائمة في الجزيئات القطبية التي تحتوي بعض المناطق فيها على شحنة موجبة جزئية دائماً، وأخرى سالبة جزئية دائماً.

52. لماذا تعد قوى التشتت أضعف من القوى الشائبة القطبية؟

تكون قوى التشتت بين الأقطاب المؤقتة، في حين تكون قوى الشائبة القطبية بين الأقطاب الدائمة.

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

$$33.6 \text{ kPa} \times \left(\frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ kPa}} \right) = 0.332 \text{ atm}$$

حيث إن 0.332 atm هو ثلث الضغط عند سطح البحر.

48. ارتفاعات عالية يساوي الضغط الجوي عند قمة أحد جبال المملكة 84.0 kPa تقريباً. ما قيمة الضغط بوحدتي atm و torr؟

$$84.0 \text{ kPa} \times \left(\frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ kPa}} \right) = 0.829 \text{ atm}$$

$$84.0 \text{ kPa} \times \left(\frac{760 \text{ torr}}{101.325 \text{ kPa}} \right) = 6.30 \times 10^2 \text{ torr}$$

$$84.0 \text{ kPa} = 0.829 \text{ atm} = 6.30 \times 10^2 \text{ torr}$$

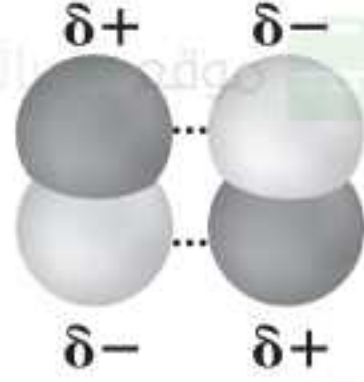
49. يساوي الضغط على عمق 76.21 m في المحيط 8.4 atm تقريباً. ما قيمة الضغط بوحدتي kPa و mmHg؟

$$8.4 \text{ atm} \times \left(\frac{101.325 \text{ kPa}}{1 \text{ atm}} \right) = 850 \text{ kPa}$$

$$8.4 \text{ atm} \times \left(\frac{760 \text{ mm Hg}}{1 \text{ atm}} \right) = 6400 \text{ mm Hg}$$

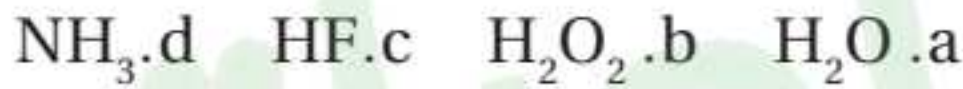
$$8.4 \text{ atm} = 8.5 \times 10^2 \text{ kPa} = 6.4 \times 10^3 \text{ mm Hg}$$

57. ارسم تجاذبًا ثنائي القطبية بين جزيئين من CO.



بالرجوع إلى الشكل 9-6 يجب أن يُظهر الرسم جزيئين من CO على أن تكون C موجبة جزئيًا، وO سالبة جزئيًا، وترتبط C من جزيء مع O من جزيء آخر.

58. أي المواد الآتية تكوّن روابط هيدروجينية؟



تكوّن هذه المواد كلها روابط هيدروجينية.

59. أي الجسيمات الآتية يكوّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جسيمات منها موضّحًا ترابطها معًا بوساطة الروابط الهيدروجينية.



c. H₂O₂؛ يمكن أن تكوّن جسيمات H₂O₂ روابط هيدروجينية فيما بينها كما يوضّحه الشكل الآتي:



53. فسر لماذا تكون الروابط الهيدروجينية أقوى من معظم

القوى الثنائية القطبية؟

تتضمّن الرابطة الهيدروجينية اختلافًا كبيرًا في الكهروسالبية بين ذرة الهيدروجين والذرة المرتبطة معها (O، أو N، أو F) ممّا يجعل الرابطة ذات قطبية عالية جدًا.

54. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئات وقوى التجاذب الجزيئية.

ترتبط قوى التجاذب الجزيئات بين الذرات في

الجزيء الواحد معًا، في حين ترتبط قوى

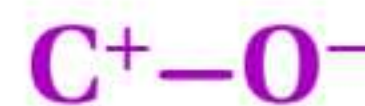
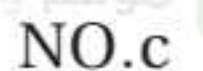
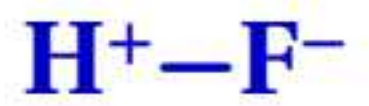
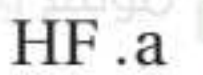
التجاذب بين الجزيئات الجزيئات المختلفة معًا.

55. لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية بعضها مع بعض أقوى من تجاذب الجزيئات الكروية غير القطبية التي لها التركيب نفسه؟

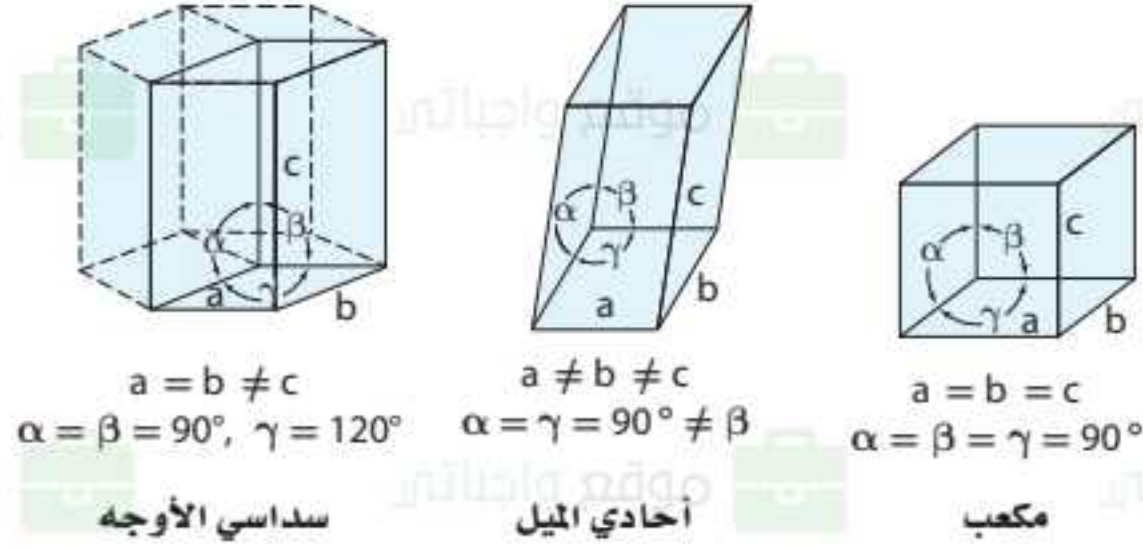
لأن الجزيئات الطويلة لها مساحة سطح أكبر، لذا تزداد قوى التجاذب بين الجزيئات.

إتقان المسائل

56. الجزيئات القطبية استخدم الاختلاف في الكهروسالبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:



64. استعن بالشكل 33-6 للمقارنة بين البلورات المكعبة والأحادية الميل والسداسية الأوجه.



الشكل 33-6

الجوانب كلها في النظام البلوري للمكعب لها الأطوال نفسها، وقيم زواياها هي 90° ، وفي النظام الأحادي الميل تكون (a, b, c) مختلفة، والزوايا α, γ تساوي 90° ، في حين أن الزاوية β ليست كذلك. أما في النظام البلوري السداسي الأوجه فإن a و b لهما أطوال متساوية، في حين أن c ليست كذلك. والزوايا α و β متساوية وهي 90° ، في حين أن الزاوية γ تساوي 120° .

65. ما الفرق بين المادة الصلبة الشبكية والمادة الصلبة الأيونية؟

تتماسك الجسيمات بعضها مع بعض في المواد الصلبة الشبكية بروابط تساهمية، أما المواد الأيونية الصلبة فتتماسك بقوى تجاذب كهربائية.

6-3

إتقان المفاهيم

60. ما التوتر السطحي؟ وما الشروط الواجب توافرها لحدوثه؟

الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين. وجود قوى قوية بين جسيمات السائل.

61. فسر سبب انحناء سطح الماء في المخبر المدرج؟

قوى التلاصق بين الماء والزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء.

62. أي السائلين أكثر لزوجة عند درجة حرارة الغرفة: الماء أم الدبس؟ فسر إجابتك

الدبس أكثر لزوجة من الماء عند درجة حرارة الغرفة؛ حيث تمنع قوى التجاذب بين الجزيئية الدبس من التدفق.

63. فسر كيف تؤدي قوتان مختلفتان دوريهما في الخاصية الشعرية؟

تنتج الخاصية الشعرية من تعارض قوى التماسك والتلاصق. ولأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وجزيئات الزجاج في الأنبوب الشعري أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء، لذا سيرتفع الماء في الأنبوب الشعري.

66. فسّر لماذا يمكن ثني الفلزات عند ضربها، بينما تتكسر المواد الأيونية؟

تستطيع الإلكترونات التي تربط أيونات الفلز

بعضها مع بعض التحرك بسهولة لاستيعاب

المؤثرات الخارجية. أمّا في المواد الصلبة

الأيونية فتستطيع القوة القوية فصل المادة

الصلبة على طول السطح وتربط مجموعة

من الذرات معاً.

67. عدّد أنواع المواد المتبلورة التي تعد موصلات جيدة للحرارة والكهرباء.

المواد الصلبة الفلزية؛ المواد الصلبة الأيونية

عند انصهارها أو ذوبانها في محلول مائي.

68. كيف تؤثر قوى التجاذب بين الجزيئات في لزوجة المادة؟

تنتج قوى التجاذب بين الجزيئات القوية

لزوجة أعلى؛ لأن القوى تمسك بالجسيمات

بطريقة محكمة لتمنعها من التدفق.

69. فسّر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أكبر منه للجاذولين ذي الجسيمات غير القطبية؟

يزداد التوتر السطحي بزيادة القوى بين الجسيمات،

فجزيئات الماء يتماسك بعضها ببعض بواسطة روابط

هيدروجينية قوية تُنتج توتراً سطحياً مرتفعاً جداً.

في حين تُنتج قوى التشتت الضعيفة بين جزيئات

الجاذولين توتراً سطحياً منخفضاً.

70. قارن بين عدد الجسيمات لكل وحدة بناء لكل مما يأتي:

a. المكعب البسيط

8

b. المكعب المركزي الجسم.

9

71. توقع أي المواد الصلبة من المرجح أن تكون غير متبلورة:

مادة تكونت من تبريد مصهورها عند درجة حرارة الغرفة

خلال 4 ساعات، أم مادة تكونت من تبريد مصهورها

بسرعة في حوض من الثلج؟

المادة التي تكونت من تبريد مصهورها

بسرعة في حوض من الثلج؛ لأن المواد

الصلبة غير المتبلورة تنتج من المواد

المنصهرة التي تُبرد بسرعة كبيرة لمنع

تكوّن البلورات.

72. التوصيل الكهربائي أيّ المواد الصلبة الآتية يمكن أن

توصل محاليلها التيار الكهربائي أفضل: السكر أم الملح؟

الملح؛ لأنه يتكوّن من أيونات، في حين

أن السكر مادة صلبة جزيئية خالية

من الأيونات.

6-4

إتقان المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسيب؟

تحدث عملية التسامي عندما تتحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة، في حين تحدث عملية الترسيب عندما تتحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة دون المرور بالحالة السائلة. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معينة عند درجة الحرارة نفسها.

76. قارن بين التبخر والغليان.

التبخر تحول المادة السائلة (جزيئات سطح السائل) إلى غاز.

أما الغليان فيحدث عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي الخارجي، ويحدث عند سطح السائل وداخله في المكان الذي تتكون فيه الفقاعات.

77. ما المقصود بدرجة الانصهار؟

درجة الحرارة التي تتحلل عندها الشبكة البلورية للمادة الصلبة وتصبح مادة سائلة.

78. فسّر العلاقة بين كل من الضغط الجوي وضغط البخار للسائل ودرجة الغليان.

درجة الغليان هي درجة حرارة السائل التي تحدث عندما يكون الضغط البخاري الناتج من جزيئات السائل المتسربة من سطحه مساوياً للضغط الجوي فوق سطح السائل.

73. فسّر لماذا يطفو مكعب الثلج فوق الماء، بينما يغرق مكعب البنزين الصلب في البنزين السائل؟ أي السلوكين طبيعي أكثر؟

يزداد التوتر السطحي بزيادة قوى التجاذب بين الجسيمات، فجزيئات الماء يتماسك بعضها ببعض بواسطة روابط هيدروجينية قوية تُنتج توتراً سطحياً مرتفعاً جداً. في حين تُنتج قوى التشتت الضعيفة بين جزيئات البنزين توتراً سطحياً منخفضاً. فالبنزين أقرب إلى الواقع.

إتقان المسائل

74. إذا أعطيت أطوال الأضلاع وقيم زوايا الوجه، فتوقع شكل كل بلورة مما يأتي:

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 3 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$$

مكعب

$$a = 4 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 100^\circ, \gamma = 90^\circ$$

أحادي الميل

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$$

رباعي الأوجه

$$a = 3 \text{ nm}, b = 3 \text{ nm}, c = 5 \text{ nm}; \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

سداسي الأوجه

مراجعة عامة

83. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير تصنيف السوائل والغازات من الموائع؟

لأن الجسيمات في الحالة السائلة والغازية تتماسك بقوى تجاذب أقل منها في الحالة الصلبة مما يسمح لها بالتدفق.

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

جزيئات الأكسجين غير قطبية ويتماسك بعضها ببعض بواسطة قوى التشتت مما يجعل فصلها أسهل. أما جزيئات الماء فتتماسك بواسطة روابط هيدروجينية قوية مما يجعل من الصعب فصلها. وعليه، فإن للماء درجة غليان أعلى.

85. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا يمكن ضغط الغاز بينما لا يمكن ضغط السائل أو الصلب؟

لأن الجسيمات في الحالة الغازية ينفصل بعضها عن بعض بصورة أكثر منها في الحالة الصلبة أو السائلة، لذا، يوجد فراغ أكبر بين الجسيمات مما يؤدي إلى إمكانية ضغطها.

79. فسّر تكوّن الندى في الصباح البارد.

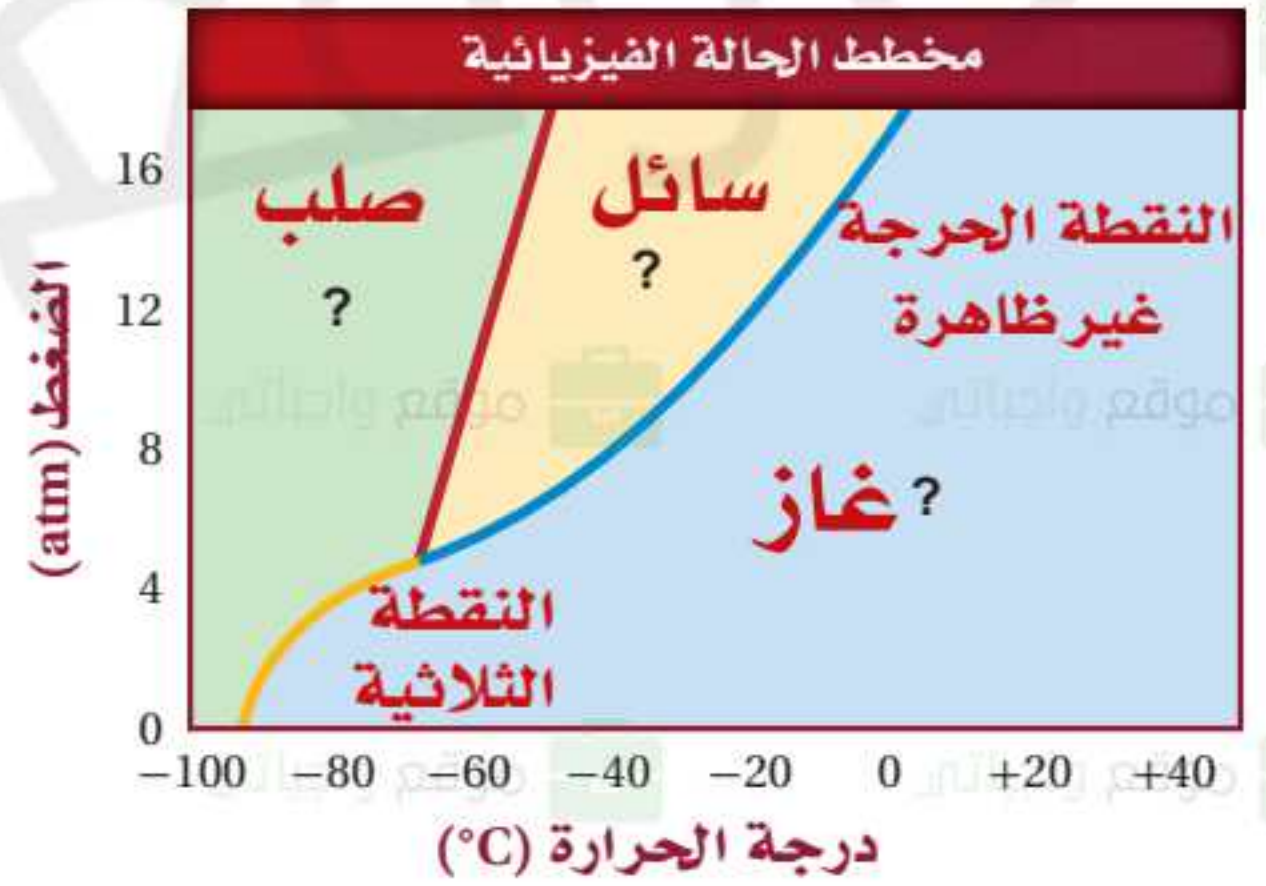
عندما يلامس الهواء الجوي المحمل ببخار الماء سطح جسم بارد فإن بخار الماء يتكاثف على هذا الجسم.

80. ثلج فسّر سبب تقلص كومة ثلج ببطء، حتى في الأيام التي لا تزيد درجة الحرارة فيها على درجة تجمد الماء.

يتسامى بعض الثلج.

إتقان المسائل

81. انسخ الشكل 34-6 ثم حدّد عليه منطقة الحالة الصلبة والسائلة والغازية، والنقطة الثلاثية والنقطة الحرجة.



الشكل 34-6

82. لماذا تكون الطاقة التي نحتاج إليها لجلي 10 g من الماء السائل أكبر من الطاقة اللازمة لصهر الكتلة نفسها من الثلج؟

لا يحتاج الانصهار إلى طاقة كبيرة؛ لأن الجسيمات في المادة الصلبة يجب ألا تتحرك بعيدة بعضها عن بعض أو تكتسب حركة أكبر لتكوين السائل. في حين تكون جسيمات الغاز متباعدة جداً بعضها عن بعض بصورة كبيرة وتتحرك حركة عشوائية، لذلك يحتاج السائل إلى كمية كبيرة من الطاقة لمباعدة جسيماته ومن ثم تحويلها إلى غاز.

89. عندما تذوب بلورات صلبة من السكر في كوب من الماء يتكون محلول متجانس، بحيث لا يمكن رؤية البلورات. وإذا ترك هذا المحلول عند درجة حرارة الغرفة لعدة أيام فسنلاحظ تكون البلورات في القاع، وعلى جوانب الكوب مرة أخرى. فهل هذا مثال على التجمد؟

لا، التغير الوحيد الذي يحدث في الحالة الفيزيائية هو تبخر الماء السائل لتكوين بخار الماء. وسيظل السكر في الحالة الصلبة دائماً، حتى عند عدم رؤيته. وستصبح بلوراته كبيرة بدرجة كافية مع الزمن كي يمكن رؤيتها بالعين المجردة.



الشكل 35-6

90. تفسير الرسوم البيانية ارجع إلى الشكل 35-6 الذي يوضح ضغط بخار كل من الماء والإيثانول مقابل درجة الحرارة للإجابة عما يأتي:

a. ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟

100°C

b. ما درجة غليان الإيثانول عند درجة حرارة 1 atm؟

78.5°C

c. إذا كان الضغط الجوي 0.80 atm، فما درجة الحرارة التي يغلي عندها الماء؟

94°C

86. تساوي كثافة الزئبق عند درجة حرارة 25°C وضغط 13.5 g/mL 760 mmHg بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط (1.00 g/mL). فسر هذا الاختلاف، اعتماداً على قوى التجاذب بين الجزيئات ونظرية الحركة الجزيئية.

الروابط الفلزية التي تمسك ذرات الزئبق معاً هي أقوى من الروابط الهيدروجينية التي تمسك جزيئات الماء معاً، لذا فإن ذرات الزئبق مترابطة أكثر بعضها فوق بعض مما ينجم عنه كتلة أكبر في وحدة الحجم.

87. إذا كان هناك وعاءان متماثلان يحويان الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها ولكن الضغط في أحدهما ضعف الضغط في الآخر فما كمية الغاز الموجودة في كل وعاء؟

الوعاء الذي يوجد فيه ضعف الضغط نجد فيه ضعف عدد الجسيمات.

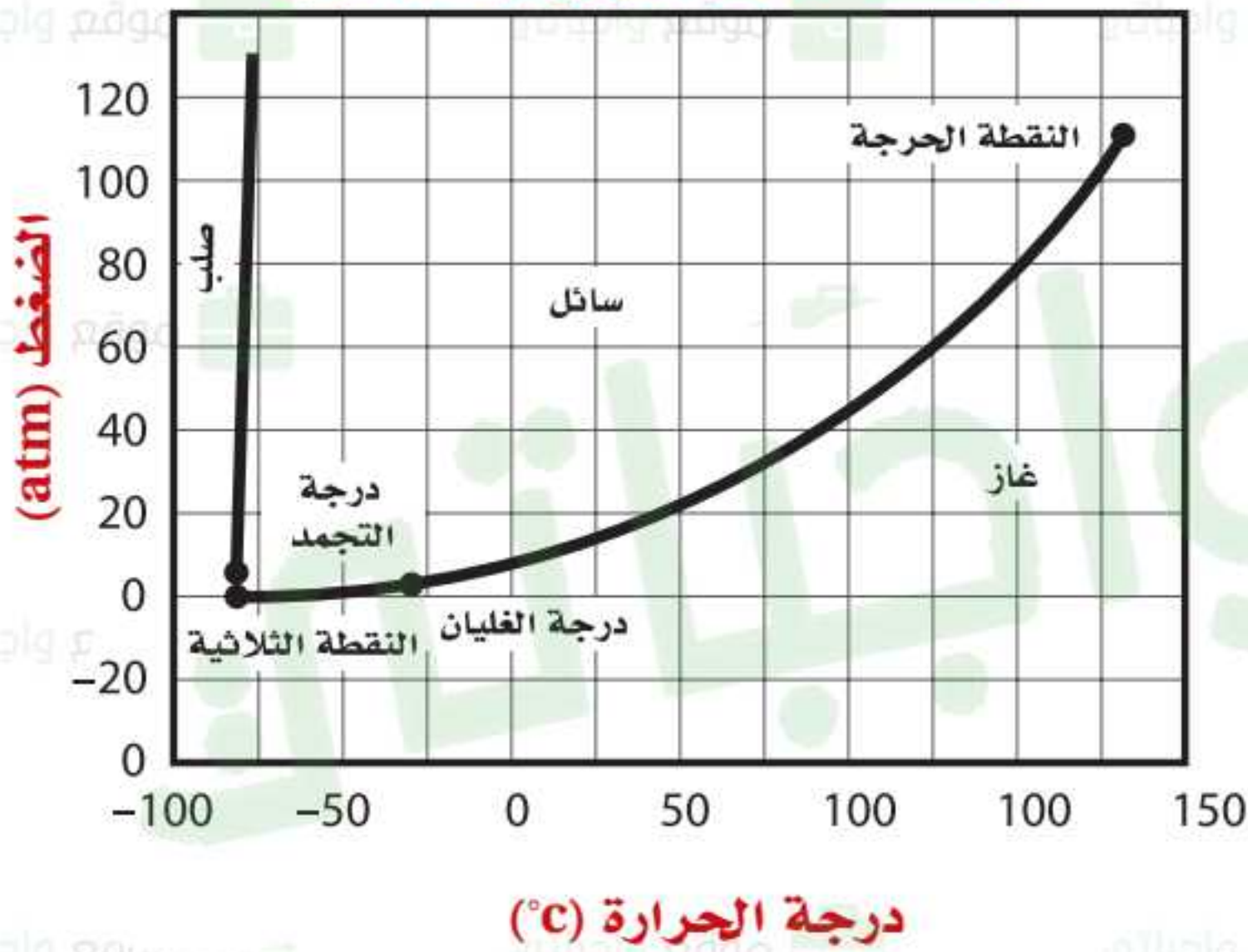
88. عدد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئات.

الروابط الهيدروجينية، وقوى التشتت، والقوى الثنائية القطبية.

93. رسم بياني استخدم الجدول 6-6 لرسم مخطط الطور للأمونيا.

نقاط مختارة	ضغط (atm)	درجة حرارة (°C)
النقطة الثلاثية	0.060	-77.7
النقطة الحرجة	112	132.2
درجة الغليان الطبيعية	1.0	-33.5
درجة التجمد الطبيعية	1.0	-77.7

مخطط الحالة الفيزيائية للأمونيا



94. طبق في أثناء تسخين مادة صلبة تبقى درجة حرارتها ثابتة حتى تنصهر كلياً. ماذا يحدث للطاقة الحرارية للنظام خلال الانصهار؟

تُستخدم الطاقة في تكسير الروابط التي

تربط جسيمات المادة الصلبة معاً.

95. تواصل أي العمليتين تجعلك قادراً على شم العطور من زجاجة مفتوحة وبعيدة عنك: الانتشار أم التدفق؟ فسر إجابتك.

الانتشار؛ لأن جسيمات الغاز في العطر

تختلط بجسيمات الهواء.

91. فرضية أي نوع من المواد الصلبة المتبلورة تتوقع أن تتناسب مع الشروط الآتية بأفضل صورة؟
a. مادة تنصهر ويعاد تشكيلها عند درجات حرارة منخفضة.

مادة صلبة جزيئية.

b. مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.

مادة صلبة فلزية.

c. مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة.

مادة صلبة أيونية.

d. مادة صلبة جداً وغير موصلة للكهرباء.

مادة صلبة تساهمية شبكية.

92. قارن يستخدم ضاغط الهواء الطاقة لضغط جسيمات الهواء معاً، وعندما يترك الهواء ليتمدد تستخدم الطاقة الناتجة في تنظيف السطوح بلطف دون استخدام مواد كاشطة سائلة أو صلبة إضافية. تعمل الأنظمة الهيدروليكية بالصورة نفسها، ولكنها تضغط الموائع لنقل القوة. ما فوائد وعيوب استخدام هذين النوعين من التقنية في رأيك؟

يُنتج ضاغط الهواء الطاقة بصورة سريعة؛

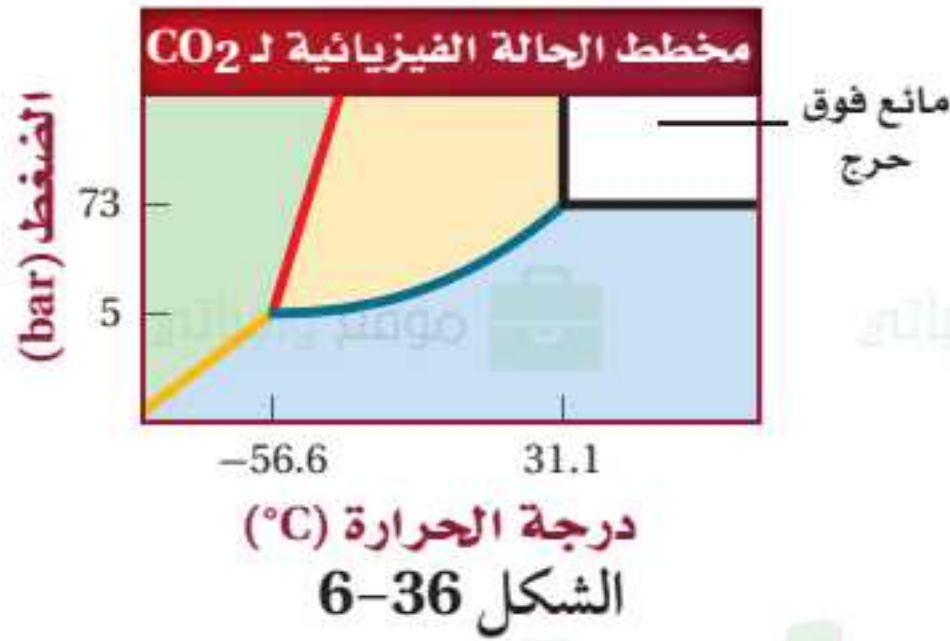
لأن الغازات يمكن ضغطها بسهولة. بينما تتضمن

الأنظمة الهيدروليكية السوائل التي لا يمكن

ضغطها بهذه السهولة وهي أكثر فائدة لإنتاج

طاقة ثابتة ببطء.

99. قوَم سائل ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج يستخدم في الصناعات الغذائية لانتزاع الكافيين من الشاي والقهوة والمشروبات الغازية، وكذلك في الصناعات الدوائية لتكوين جسيمات دقيقة تستخدم في أنظمة توزيع الدواء. استعن بالشكل 6-36 لتحديد الظروف التي يجب توافرها لتكوين ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.



الضغط أعلى من 73 bar
ودرجة الحرارة فوق 31.1 °C

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

a. هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقل من الهواء؟

أكثر كثافة.

b. هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صبه فوق سائل آخر؟

أبطأ.

97. حلل استخدم ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية لتحديد ما إذا كانت الأمونيا NH₃ أم الميثان CH₄ أكثر ذائبية في الماء.

تذوب الأمونيا في الماء بصورة أكثر من الميثان؛

لأن الأمونيا والماء يُكوّنان قوى تجاذب بين جزيئية أقوى (روابط هيدروجينية) بين بعضهما، في حين يُكوّن الماء والميثان قوى

تشكّلت فقط تكون أضعف من الروابط الهيدروجينية.

98. قوَم عدد ثلاث تغيرات تنتج طاقة، وثلاثة أخرى تستهلكها.

التغيرات التي تستهلك طاقة هي الانصهار والتسامي والتبخّر.

أما التغيرات التي تُنتج طاقة فهي التجمد

والترسّب والتكاثف.

مسألة تحفيز

100. إذا كان لديك محلول يحتوي على 135.2 g KBr ذائبة في 2.3 L ماء، فما حجم المحلول الذي تستخدمه لتحضير محلول حجمه 1.5L وتركيزه 0.1 mol /L من محلول KBr السابق؟ وما درجة غليان المحلول الناتج؟

$$119.00 \text{ g/mol} = \text{الكتلة المولية (KBr)}$$

$$\frac{135.2 \text{ g KBr}}{2.3 \text{ L water}} \times \frac{1 \text{ mol KBr}}{119.00 \text{ g KBr}}$$

$$= 0.49 \text{ mol/L (KBr/water)}$$

$$= \left(\frac{0.49 \text{ mol}}{\text{L}} \right) \times (V_x) = \left(\frac{0.1 \text{ mol}}{\text{L}} \right) \times (31.5 \text{ L})$$

$$V_x = 0.3 \text{ L} = 300 \text{ mL}$$

مراجعة تراكمية

101. صنف المواد الآتية إلى عنصر أو مركب أو مخلوط متجانس أو مخلوط غير متجانس:

مخلوط متجانس

a. الهواء

مركب

c. أمونيا

مركب

e. الماء المقطر

مخلوط غير متجانس

b. الدم

مخلوط غير متجانس

d. الخردل

102. أعطيت محلولين مائيين شفافين صافين، وقد قيل لك إن أحد المحلولين يحتوي مركبًا أيونيًا، ويحتوي الثاني على مركب تساهمي. كيف تحدد أيهما أيوني؟ وأيها تساهمي؟

يمكن قياس درجة توصيلها الكهربائي، حيث يوصل محلول المركب الأيوني التيار الكهربائي، في حين أن محلول المركب التساهمي غير موصل.

103. أي فروع الكيمياء يدرس المادة وحالاتها؟

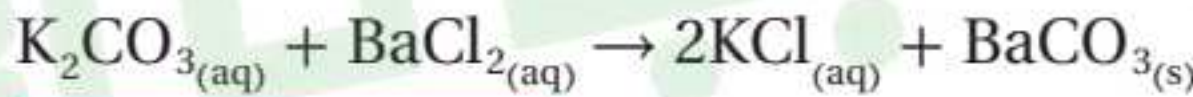
a. الكيمياء الحيوية

b. الكيمياء الفيزيائية

c. الكيمياء العضوية

d. كيمياء البوليمرات

104. ما نوع التفاعل الآتي؟



a. احتراق

b. إحلال مزدوج

c. إحلال بسيط

d. تحضير

105. من أول كيميائي وضع أول جدول دوري، وكان أوسع استخدامًا وأكثر قبولاً؟

a. ديمتري مندليف

b. هنري موزلي

c. جون نيولاندر

d. لوثر ماير

106. **المسك** من المكونات الأساسية في الكثير من العطور والصابون والشامبو، وحتى في الأطعمة، ومنها الشوكولاتة وعرق السوس والحلوى الصلبة. تتكون مركبات المسك المحضرة صناعيًا والطبيعية من جسيمات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجسيمات المركبات الأخرى المكونة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكد على إطلاق العطر بصورة بطيئة ومستمرة. اكتب تقريرًا عن كيمياء مكونات العطور، مؤكدًا على أهمية سرعة الانتشار، بوصفها إحدى صفات العطر.

يجب أن يظهر في تقارير الطلاب أن معدل التدفق البطيء ينجم عنه استمرار أطول للرائحة.

107. غاز البروبان وقود شائع الاستخدام في مواقد الغاز وتدفئة البيوت، إلا أنه لا يعبأ في حالته الغازية، بل يُسَّيَل ويطلق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد ومساوئ تخزين ونقل البروبان سائلًا لا غازًا.

يحتاج السائل إلى وعاء أصغر من الغاز، لذا يمكن أن يحتوي الوعاء على كمية وقود سائل أكثر من الغاز.

108. حالات المادة الأخرى ابحث في إحدى الموضوعات الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids). واكتب تقريرًا عنها لتعرضه على بقية طلاب الصف.

الإجابة في الصفحة التالية

أسئلة المستندات

اليود يتسامى اليود إذا ترك عند درجة حرارة الغرفة من الصلب إلى الغاز، ولكن إذا سخن بسرعة فإن ما يحدث له يختلف تمامًا، ويمكن وصفه كما يأتي:

وُضع 1.0 g من اليود في أنبوب محكم الإغلاق، وسُخن على سخان كهربائي، فتكونت طبقة من الغاز الأرجواني في الأسفل، وأصبح اليود سائلًا. وعند إمالة الأنبوب تحرك السائل على طول جانب الأنبوب في مجرى ضيق، وتصلب بسرعة.

109. لماذا يتسامى اليود بسهولة؟ فسر إجابتك باستخدام ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئات.

قوى التششت التي تمسك جزيئات اليود معًا في البلورة الصلبة قوى ضعيفة نسبيًا. لذا، فعند تكسير هذه الروابط تتحول الذرات مباشرة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية.

110. لماذا لا يمكن ملاحظة اليود السائل عند تسخينه في الهواء؟

ينصهر اليود الصلب عند 112.9°C ، ويغلي عند 183.0°C ، وضغطه البخاري هو 100 mmHg عند درجة حرارة 116.5°C وعند تسخينه بسرعة أو في أنبوب مغلق ينصهر. ويجب توافر ضغط بخاري مقداره 100 mmHg للسماح لليود السائل بالتكوّن ومنع حدوث التسامي. في الأوعية المفتوحة تتسامى البلورات في العادة كاملة قبل أن تنصهر.

111. لماذا يجب استخدام أنبوب محكم الإغلاق في هذا الاستقصاء؟

لأنه إذا لم يكن الأنبوب مغلقًا بإحكام فإن بخار اليود سيتسرب إلى الغرفة.

112. استنتج لماذا يتصلب اليود عند إمالة الأنبوب؟

يبرد اليود بسرعة في أثناء الإمالة.

108. حالات المادة الأخرى ابحث في إحدى الموضوعات

الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids).
واكتب تقريراً عنها لتعرضه على بقية طلاب الصف.

الميوعة الفائقة هي حالة من حالات المادة تأخذ فيها بعض السوائل خواصاً عن المؤلف . أول ما اكتشفت تلك الظاهرة كان في الهيليوم السائل عند درجة حرارة 2.17 كلفن . وهي تظهر في النظيرين هيليوم 4- وهيليوم 3- حيث يختفي الاحتكاك الداخلي للسائل تماماً وتصل لزوجة السائل إلى الصفر .
وقد اكتشف تلك الظاهرة العالم بيوتر كابيتسا، وجون آلان، ودون ميسنر عام 1937م

فالمانع الفائق طور من أطوار المادة يتميز بغياب تام للزوجة فيه، وبالتالي وضعه في حلقة مغلقة يمكن ان يؤدي إلى سيلان غير منتهي نتيجة غياب الاحتكاك . ويمكن في حالة الميوعة الفائقة مشاهدة عدة خواص غريبة :

- الخاصة الشعرية تكون خالية تماماً من الاحتكاك وحتى في أضيق الأنابيب .
- يعمل التوصيل الحراري إلى حالة مثالية .
- عند تدوير الوعاء لا يدور السائل ويبقى ثابتاً، وعند تدوير الوعاء بسرعة كبيرة تظهر على سطح السائل موجات منتظمة في شكل سداسي .

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما نسبة سرعة انتشار أكسيد النيتروجين NO ورابع

أكسيد النيتروجين N_2O_4 ؟

a. 0.326

b. 0.571

c. 1.751

d. 3.066

2. أي الجمل الآتية لا تتفق مع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية؟

a. التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة.

b. جسيمات العينة جميعها لها السرعة نفسها.

c. لا تتجاذب جسيمات الغاز أو يتنافر بعضها مع بعض بصورة ملحوظة.

d. للغازات جميعها عند درجة حرارة معينة متوسط الطاقة الحركية نفسها.

3. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربتون

والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق

3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكل من Ne و Kr

هو 0.435 atm و 1.613 atm على التوالي، فما الضغط

الجزئي لغاز Ar؟

a. 2.048 atm

b. 1.734 atm

c. 1556 atm

d. 1318 atm

4. أي مما يأتي لا يؤثر في لزوجة السائل؟

a. قوى التجاذب بين الجزيئات.

b. حجم وشكل الجزيء.

c. درجة حرارة السائل.

d. الخاصية الشعرية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 5.



5. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين كما هو موضح لتكوين الأمونيا. أي العبارات الآتية صحيحة في هذا التفاعل؟

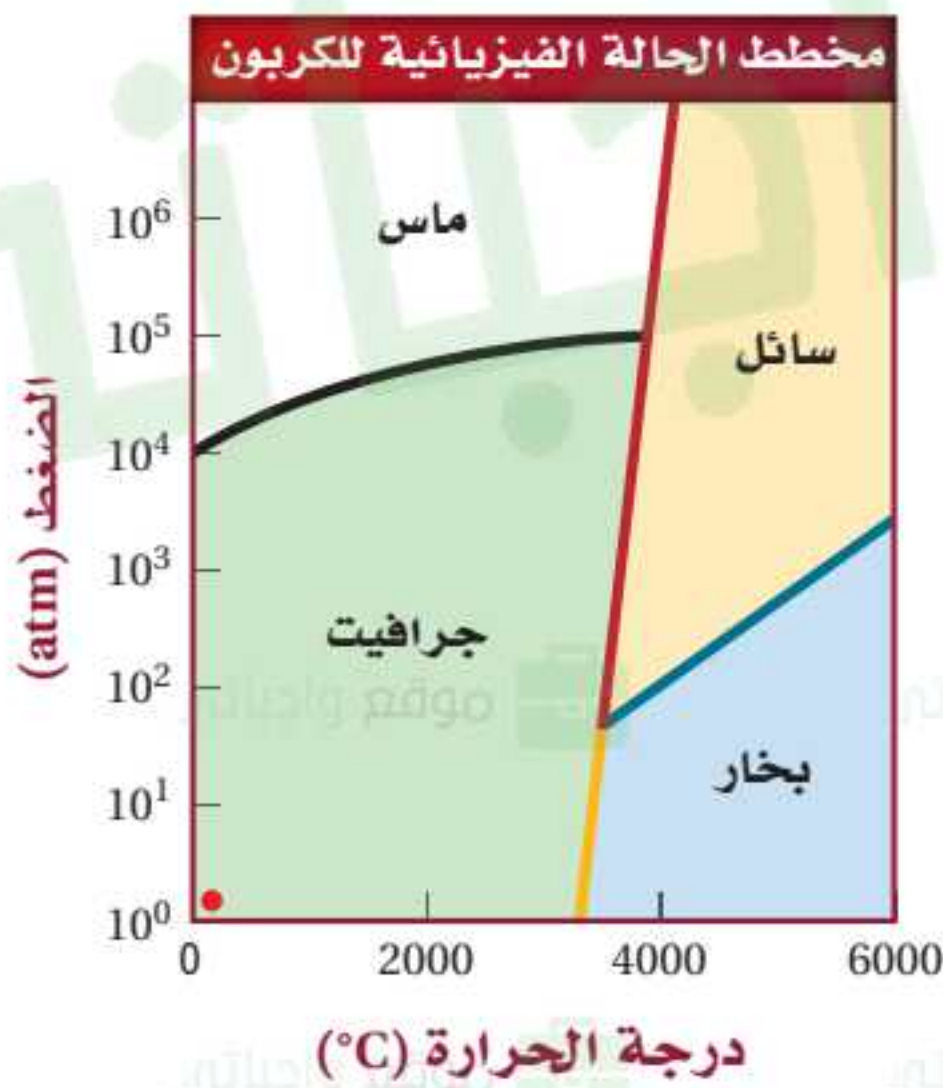
a. يتكوّن 3 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي من جزيء.

b. يتكوّن جزيئي أمونيا ويتبقى جزيئا هيدروجين.

c. يتكوّن 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أي جزيء.

d. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزيئا نيتروجين.

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8



6. ما الظروف التي يتكون فيها الألماس؟

a. درجة الحرارة $5000K <$ والضغط $100atm >$

b. درجة الحرارة $6000K <$ والضغط $atm25 >$

c. درجة الحرارة $3500K >$ والضغط $10^5 atm <$

d. درجة الحرارة $4500K >$ والضغط $10atm >$

اختبار مقنن

10. لخص العلاقة بين طاقة الرابطة وطول الرابطة.

يقل طول الرابطة كلما ازدادت طاقتها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 11.

الجدول 6-8 الشكل الهندسي لـ PCl_3 و $AlCl_3$		
PCl_3	$AlCl_3$	المركب
		شكل الجزيء

11. ما أسماء أشكال الجسيمات لكلا المركبين؟ فسر كيف يؤدي ترتيب الذرات في كل مركب إلى اختلاف أشكالها على الرغم من أن لهما الصيغة الكيميائية نفسها؟

$AlCl_3$ شكله مثلث مستو، في حين أن PCl_3 شكله مثلث هرمي. يعود السبب في اختلاف شكليهما إلى اختلاف عدد أزواج الإلكترونات غير المرتبطة. ولأن للألومنيوم ثلاثة إلكترونات تكافؤ تُستخدم جميعها في الارتباط بالكلور ولا يتبقى أي منها غير مرتبطة، فإنه ينتج عنه شكل مثلث مستو. أما PCl_3 فشكله مثلث هرمي؛ لأن للفوسفور 5 إلكترونات تكافؤ وتستخدم ثلاثة منها فقط في الارتباط مع ثلاث ذرات كلور مما يترك زوجاً من الإلكترونات غير مرتبطة، ويتنافر مع الأزواج المرتبطة لتكوين شكل ثلاثي الأبعاد.

7. ما النقطة التي يوجد عندها الكربون بثلاث حالات جرافيت صلب وألماس وكربون سائل؟ موضحاً درجة الحرارة والضغط عندها؟

- a. 4700 K و 10^6 atm
- b. 3000 K و 10^3 atm
- c. 5100 K و 10^5 atm
- d. 3500 K و 80 atm

8. ما الأشكال التي يوجد عليها الكربون عند 6000 K و 10^5 atm

- a. ألماس فقط.
- b. كربون سائل فقط.
- c. ألماس وكربون سائل.
- d. جرافيت وكربون سائل.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 9 و 10

الجدول 6-7 خصائص الرابطة الأحادية		
الرابطة	طاقة الرابطة kJ/mol	طول الرابطة (pm)
H-H	435	74
Br-Br	192	228
C-C	347	154
C-H	393	104
C-N	305	147
C-O	356	143
Cl-Cl	243	199
I-I	151	267
S-S	259	208

9. ارسم العلاقة بين طول الرابطة وطاقة الربط بيانياً، واضعاً طاقة الربط على المحور السيني.

