

**الفكرة العامة** يمثل المول عددًا كبيرًا من الجسيمات المنتهية في الصغر، ويستعمل في حساب كميات المواد.

### 1-5 قياس المادة

**الفكرة الرئيسية** يستعمل الكيميائيون المول لعد الجسيمات ومنها الذرات والأيونات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية.

### 2-5 الكتلة والمول

**الفكرة الرئيسية** يحتوي المول دائمًا على العدد نفسه من الجسيمات، غير أن مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

### 3-5 مولات المركبات

**الفكرة الرئيسية** يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال هذه الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمركب نفسه.

### 4-5 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

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

### 5-5 صيغ الأملاح المائية

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

## حقائق كيميائية

- العملات المعدنية السعودية هي: 5، 10، 25، 50، 100 هلال. وتتكون العملات المعدنية السعودية من النحاس والنيكل بنسب مختلفة.

## تجربة استهلاكية

ما مقدار المول؟

يسهل عد الأرقام الكبيرة باستعمال وحدات العد المختلفة كالدرزن والزوج والرزمة. ويستعمل الكيميائيون وحدة عد تسمى المول.

### المطويات

منظمات الأفكار

عوامل التحويل قم بعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تنظيم معلوماتك عن عوامل التحويل.

**الخطوة 1** أحضر ثلاث أوراق، واثن كل ورقة



عرضياً من المنتصف. قس وارسم خطاً على بعد 3 cm من الطرف الأيسر. قص الورقة على طول هذا الخط، وكرر ذلك مع الورقتين الأخريين.



### خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.
2. اختر جسماً لتقيس طولهُ، مثل مشبك الورق، أو قطعة حلوى، أو أي جسم يزودك به معلمك.
3. استعمل المسطرة في قياس طول الجسم إلى أقرب 0.1 cm.

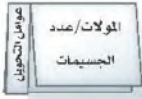
### التحليل

1. احسب كم يمتد مول ( $6.02 \times 10^{23}$  جسم) من الجسم الذي اخترته إذا رصصت جسيماته بعضها بجوار بعض؟ عبر عن إجابتك بوحدة المتر.
2. احسب المسافة في الخطوة 1 بوحدة السنة الضوئية (ly) علماً بأن ( $1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$ ).
3. قارن المسافة التي حسبتها في الخطوة الثانية بهذه المسافات الهائلة:

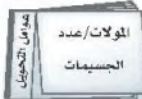
- a. المسافة إلى أقرب نجم (غير الشمس) 4.3 سنة ضوئية.
- b. المسافة إلى مركز مجرتنا 30.000 سنة ضوئية.
- c. المسافة إلى أقرب مجرة  $2 \times 10^6$  سنة ضوئية.

**استقصاء** قارن نتائجك بنتائج أحد زملائك في الصف. هل تساوي كتلة مول من الجسم الذي اخترته كتلة مول من الجسم الذي اختاره زميلك؟ صمم استقصاء تحدد فيه ما إذا كان هناك علاقة بين المول والكتلة.

**الخطوة 2** عنون كل ورقة بوصف عامل التحويل.



**الخطوة 3** دبب في الأوراق الثلاث معاً من المنتصف على طول حافتها الخارجية.



**المطويات** استعمل هذه المطوية في القسمين 1-5 و 2-5 من هذا الفصل. دوّن معلوماتك عن عوامل التحويل، ولخص الخطوات التي يتضمنها كل تحويل.

## Measuring Matter قياس المادة

الأهداف

- تفسر كيف يستخدم المول بشكل غير مباشر لعدّ جسيمات المادة.
- تربط المول بوحدة عدّ يومية شائعة.
- تحويل بين المولات وعدد الجسيمات.

### عدّ الجسيمات Counting Particles

هل ذهبت يوماً إلى إحدى المكتبات وطلبت إلى البائع درزن من أقلام الرصاص؟ إن ذلك لا يعني أنك تريد قلمًا أو قلمين، بل 12 قلمًا. قد تشتري زوجًا من القفازات، أو رزمة من ورق الطباعة، كل من الوحدات المبينة في الشكل 1-5، وهي الزوج والدرزن - والرزمة تمثل عددًا محددًا من الأشياء. وكلها تسهل عملية العد. فمن السهل شراء الورق وبيعه بالرزمة (500 ورقة) بدلًا من شرائه وبيعه بالورقة.

كل من وحدات العدّ المبينة في الشكل 1-5 تناسب عد نوع معين من الأشياء؛ اعتمادًا على حجمها واستخدامها. وبغض النظر عن كون الشيء قفازات أو بيضًا أو أقلام أو ورقًا فإن العدد الذي تمثله الوحدة يبقى دائمًا ثابتًا. يحتاج الكيميائيون أيضًا إلى طريقة ملائمة لعد الذرات والجزيئات ووحدات الصيغ الكيميائية (Formula units) في عينة كيميائية لمادة ما. إلا أن الذرات متناهية الصغر، وهناك الكثير منها حتى في العينات الصغيرة جدًا، مما يجعل عدّها بشكل مباشر مستحيلًا. لذلك قام الكيميائيون بإيجاد وحدة عدّ تُسمى المول، وقد عُرِّفت من التجربة الاستهلاكية أنه يمثل عددًا ضخمًا من أي جسيم.

### مراجعة المفردات

الجزيء، ذرتان أو أكثر مرتبطتان معًا لتكوين وحدة واحدة.

### المفردات الجديدة

المول  
عدد أفوجادرو

#### الشكل 1-5 وحدات مختلفة

تستخدم لعدّ أجسام مختلفة. الزوج عبارة عن جسيمين، والدرزن 12، والرزمة 500.

اذكر وحدات عدّ أخرى مأثوفة لديك.



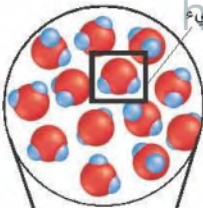
**المول** تُسمى وحدة النظام الدولي الأساسية المستخدمة لقياس كمية المادة **المول**. يعرف المول بحسب النظام الدولي للوحدات بأنه عدد ذرات الكربون - 12 في عينة كتلتها 12 g من الكربون-12. وخلال سنوات عديدة من التجارب تم الاتفاق على أن المول الواحد من أي مادة يحتوي على  $6.02 \times 10^{23}$  من الجسيمات الممثلة -وحدات البناء- المكونة لهذه المادة، ومنها الذرات والجزيئات والأيونات، ووحدات الصيغ الكيميائية، فإذا كتبت العدد فسوف يبدو كما يأتي:

602,213,670,000,000,000,000,000

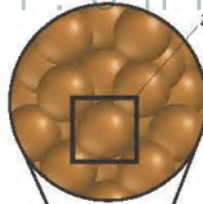
ويُسمى العدد  $6.0221367 \times 10^{23}$  **عدد أفوجادرو**، تكريماً للفيزيائي الإيطالي والمحامي أميدو أفوجادرو Amedeo Avogadro، الذي تمكن عام 1811م من تحديد حجم مول من الغاز.

ومن الواضح أن عدد أفوجادرو عدد هائل، وهذا يجعله صالحاً لعد المكونات المتناهية في الصغر، مثل الذرات. كما يمكنك أن تتصور أن عدد أفوجادرو لن يكون مناسباً لقياس كمية من كرات اللعب الزجاجية؛ لأن عدد أفوجادرو من هذه الكرات سوف يغطي سطح الأرض إلى عمق يتجاوز ستة كيلومترات. وكما هو موضح في الشكل 2-5، فإن استخدام المول مناسب لحساب كميات من المواد الكيميائية. وبين الشكل كميات مقدارها مول واحد من كل من الماء، والنحاس، والملح، ويتكون كل منها من جسيمات ممثلة مختلفة. فالجسيمات الممثلة المكونة لمول من الماء هي جزيئات الماء، والمكونة لمول من النحاس هي ذرات النحاس، والمكونة لمول من كلوريد الصوديوم هي وحدات صيغة كلوريد الصوديوم.

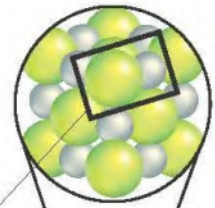
**الشكل 2-5** كمية كل مادة معينة هي  $6.02 \times 10^{23}$ ، أو 1 mol من الجسيمات الممثلة المكونة للمادة. الجسيمات الممثلة المكونة لكل مادة موضحة داخل المربع.



H<sub>2</sub>O ماء



Cu النحاس



كلوريد الصوديوم NaCl

## التحويل بين المولات والجسيمات

### Converting Between Moles and Particles

افترض أنك اشترت ثلاثة درازن ونصف الدرزن من الورد، وأردت أن تعرف كم وردة فيها. ينبغي أن تستخدم عامل تحويل يربط بين الدرزن وعدد الورد لحساب عدد الورد، انظر الشكل 3-5.

$$1 \text{ درزن} = 12 \text{ وردة}$$

بقسمة كل من طرفي العلاقة على الطرف الآخر يمكن كتابة عامل تحويل:

$$\frac{1 \text{ درزن}}{12 \text{ وردة}} \quad \frac{12 \text{ وردة}}{1 \text{ درزن}}$$

ثم استخدم عامل التحويل المناسب الذي يمكنك من خلاله حساب عدد الورد. ويمكن الاستدلال على العامل الصحيح من خلال الوحدات، إذ تلغى كافة الوحدات ما عدا التي تحتاج إليها في الإجابة.

$$3.5 \text{ درزن} \times \frac{12 \text{ وردة}}{1 \text{ درزن}} = 42 \text{ وردة}$$

✓ **ماذا قرأت؟** اشرح كيف تعرف أنك اخترت عامل تحويل خطأ؟

**تحويل المولات إلى جسيمات (ذرات أو أيونات أو جزيئات)** لحساب عدد جزيئات السكروز في 3.5 mol منه، نستخدم عدد أفوجادرو - أي العلاقة بين عدد المولات وعدد الجسيمات الممثلة - كعامل للتحويل.

$$6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة} = 1 \text{ mol من الجسيمات الممثلة.}$$

يمكنك من هذه العلاقة كتابة عامل تحويل يربطان الجسيمات الممثلة بالمولات، هما:

$$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}$$

ومن خلال استخدام عامل التحويل الصحيح يمكنك حساب عدد الجسيمات الممثلة في عدد من المولات.

$$\text{عدد الجسيمات الممثلة} = \text{عدد المولات} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}{1 \text{ mol}}$$

وكما هو مبين في الشكل 4-5 فإن الجسيم الممثل في السكروز هو الجزيء ولحساب عدد جزيئات السكروز في 3.5 mol منه عليك أن تستخدم عدد أفوجادرو عامل تحويل.

$$3.5 \text{ mol من السكروز} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء من السكروز}}{1 \text{ mol من السكروز}}$$

$$= 2.11 \times 10^{24} \text{ جزيء من السكروز}$$



12 وردة = 1 درزن ورد

**الشكل 3-5** لكي تتمكن من تحليل الوحدات يجب تعرف العلاقة الرياضية الصحيحة بين الوحدات التي ستحولها. والعلاقة الموضحة هنا - 12 وردة = 1 درزن ورد - يمكن استعمالها لكتابة عامل تحويل.

#### المطويات

ضمّن مطوّرتك معلومات من هذا القسم.

1. يستخدم الخارصين Zn في جلفنة الحديد لحمايته من التآكل. احسب عدد ذرات Zn في 2.5 mol منه.
2. احسب عدد الجزيئات في 11.5 mol من الماء  $H_2O$ .
3. تستخدم نترات الفضة  $AgNO_3$  في تحضير أنواع متعددة من هاليدات الفضة المستخدمة في عملية التصوير الفوتوجرافي. ما عدد وحدات الصيغة  $AgNO_3$  في 3.25 mol من نترات الفضة  $AgNO_3$ ؟
4. تحفيز احسب عدد ذرات الأكسجين في 5.0 mol من جزيئات الأكسجين  $O_2$ .

**تحويل الجسيمات إلى مولات** لحساب عدد المولات في عدد معين من الجسيمات الممثلة، يمكنك استخدام مقلوب عدد أفوجادرو عاملاً للتحويل.

$$\text{عدد المولات} = \text{عدد الجسيمات الممثلة} \times \frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ من الجسيمات الممثلة}}$$

لنفترض مثلاً أنك تعلم أن عينة تحتوي على  $2.11 \times 10^{24}$  جزيء من السكروز، بدلاً من معرفتك عدد مولات السكروز. لتحويل هذا العدد من الجزيئات إلى مولات من السكروز فإنك تحتاج إلى عامل تحويل يكون فيه عدد المولات في البسط وعدد الجزيئات في المقام.

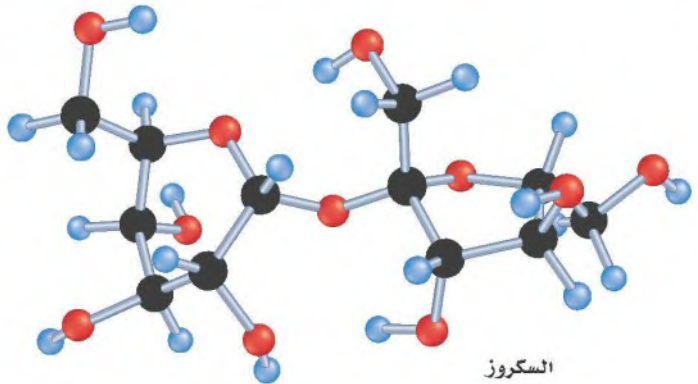
$$\text{عدد مولات السكروز} = 2.11 \times 10^{24} \text{ جزيء سكروز} \times \frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء سكروز}} = 3.5 \text{ mol من السكروز}$$

أي أن هناك 3.5 mol من السكروز في  $2.11 \times 10^{24}$  جزيء منه.

✓ **ماذا قرأت؟** اكتب عاملي التحويل اللذين يمكن الحصول عليهما من عدد أفوجادرو.

hulul.online

**الشكل 4-5** الجسيمات الممثلة للسكروز  
هي الجزيئات، ويوضح نموذج الجزيئات (الكرات والوصلات البلاستيكية) أن جزيء السكروز وحدة واحدة مكونة من الكربون، والهيدروجين، والأكسجين.  
**تحليل** استعن بنموذج جزيء السكروز لكتابة صيغته الكيميائية.



تحويل الجسيمات إلى مولات يستخدم النحاس Cu في صناعة الأسلاك الكهربائية. احسب عدد مولات النحاس التي تحتوي على  $4.5 \times 10^{24}$  ذرة منه.

### 1 تحليل المسألة

لديك عدد من ذرات النحاس، وعليك أن تحسب عدد المولات. لو قارنت  $4.5 \times 10^{24}$  ذرة من النحاس Cu مع  $6.02 \times 10^{23}$ ، وهو عدد الذرات في المول، يمكنك أن تتوقع أن الإجابة يجب أن تكون أقل من 10 mol.

#### المعطيات

#### المطلوب

عدد مولات Cu = ؟

عدد ذرات النحاس =  $4.50 \times 10^{24}$  ذرة

1 mol من النحاس Cu =  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة من النحاس

### 2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب عدد أفوجادرو) والذي يربط عدد المولات بعدد الذرات.

1 mol من النحاس

عدد المولات = عدد الذرات  $\times \frac{1 \text{ mol من النحاس}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من النحاس}}$

طبّق عامل التحويل

1 mol من النحاس

$4.50 \times 10^{24}$  ذرة من النحاس  $\times \frac{1 \text{ mol من النحاس}}{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من النحاس}}$

عوّض واضرب الأرقام والوحدات واقسمها

= 7.48 mol من النحاس.

### 3 تقويم الإجابة

عدد ذرات النحاس وعدد أفوجادرو كلاهما يشتمل على ثلاثة أرقام معنوية. الإجابة مكتوبة بشكل صحيح وهي أقل من 10 mol، كما هو متوقع، كما أن وحداتها صحيحة.

### مسائل تدريبية

5. ما عدد المولات في كل من:

a.  $5.75 \times 10^{24}$  ذرة من الألومنيوم Al.

b.  $2.50 \times 10^{20}$  ذرة من الحديد Fe.

6. تحفيز احسب عدد المولات في كل من:

a.  $3.75 \times 10^{24}$  جزيء من ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ .

b.  $3.58 \times 10^{23}$  جزيء من كلوريد الخارصين  $\text{ZnCl}_2$ .

## التقويم 5-1

### الخلاصة

7. **الفكرة** ➔ **النبذة** **فَسِّرْ** لماذا يستخدم الكيميائيون المول؟
8. اذكر العلاقة الرياضية التي تربط بين عدد أفوجادرو، والمول الواحد من أي مادة (1mol).
9. اكتب عوامل التحويل المستخدمة للتحويل بين الجسيمات والمولات.
10. **فَسِّرْ** وجه الشبه بين المول والدرزن.
11. **طَبِّقْ** كيف يحسب الكيميائي عدد الجسيمات في عدد معين من مولات المادة؟
12. احسب عدد الجسيمات الممثلة (ذرات أو جزيئات أو أيونات أو وحدات صيغة) في كل من المواد الآتية:
  - a. 11.5 mol من الفضة Ag.
  - b. 18.0 mol من الماء H<sub>2</sub>O.
  - c. 0.15 mol من كلوريد الصوديوم NaCl.
  - d.  $1.35 \times 10^{-2}$  mol من الميثان CH<sub>4</sub>.
13. رتب العينات الثلاث الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب عدد الجسيمات الممثلة:
  - $1.25 \times 10^{25}$  ذرة من الخارصين Zn
  - 3.56 mol من الحديد Fe
  - $6.78 \times 10^{22}$  جزيء من الجلوكوز C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>

المول وحدة تستخدم لعدد جسيمات المادة بشكل غير مباشر. المول الواحد من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات. الجسيمات الممثلة تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، وجسيمات أخرى مشابهة. المول الواحد من ذرات الكربون-12 له كتلة مقدارها 12 g تمامًا. يمكن استخدام عوامل التحويل المكتوبة من علاقة عدد أفوجادرو للتحويل بين المولات وعدد الجسيمات.



### الأهداف

- تربط كتلة الذرة بكتلة مول واحد من الذرات.
- تحول بين عدد مولات العنصر وكتلته.
- تحول بين عدد مولات العنصر وعدد ذراته.

## الكتلة والمول Mass and the Mole

**المفكرة** ▶ **البينة** يحتوي المول على العدد نفسه من الجسيمات دائماً، غير أن مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

**الربط مع الحياة** عند شراء درزن بيض، يمكنك اختيار أحجام مختلفة: صغيرة ومتوسطة وكبيرة. لا يؤثر حجم البيض في عدد ما يحتويه الصندوق. وهذا وضع مشابه لحجم الذرات التي تكوّن المول.

### كتلة المول The Mass of a Mole

لن نتوقع أن كتلة درزن من الليمون تساوي كتلة درزن من البيض؛ لأن البيض والليمون يختلفان في الحجم والتركيب، فمن غير المفاجئ إذن أن تكون لهما كتل مختلفة، كما هو موضح في الشكل 5-5. لذلك فإن كميتين مقدار كل منهما مول واحد من مادتين مختلفتين لهما كتلتان مختلفتان؛ لأن لكلٍّ منهما تركيباً مختلفاً. فلو وضعت مولاً واحداً من الكربون مثلاً، ومولاً واحداً من النحاس في ميزانين فستري فرقاً في الكتلة، كالذي تراه في كتل البيض والليمون. وهذا يحدث لأن كتلة ذرات الكربون تختلف عن كتلة ذرات النحاس، ولذلك فإن كتلة  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة من الكربون لا تساوي كتلة  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة من النحاس.

### مراجعة المفردات

عامل التحويل: نسبة بين قيم متكافئة، يستخدم للتعبير عن الكمية نفسها بوحدة مختلفة.

### المفردات الجديدة

الكتلة المولية

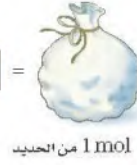


**الشكل 5-5** كتلة درزن من الليمون تساوي ضعف كتلة درزن من البيض تقريباً، وبعد الفرق بين الكتلتين منطلقاً؛ لأن الليمون مختلف عن البيض في تركيبه وحجمه.

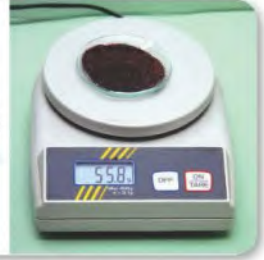
الشكل 5-6 مول من الحديد، يحتوي على عدد أفوجادرو من الذرات، ممثلاً بكيس له كتلة مساوية لكتلته الذرية بالجرامات.

طبق ما كتلة مول من النحاس؟

$$6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من الحديد} =$$



1 mol من الحديد



**الكتلة المولية** كيف ترتبط كتلة ذرة واحدة بكتلة مول واحد من تلك الذرة؟ تذكر أن المول يعرف على أنه عدد ذرات الكربون -12 في 12 g منه. ومن ثم فكتلة 1 mol من ذرات الكربون -12 هي 12 g. وسواءً كنت مهتماً بذرة واحدة أو بعدد أفوجادرو من الذرات (1 mol) فإن كتل جميع الذرات تم تعيينها بالنسبة إلى كتلة ذرة الكربون -12. وتسمى الكتلة بالجرامات لمول واحد من أي مادة نقية **الكتلة المولية**.

الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عددياً كتلته الذرية، ووحدتها g/mol. وكما هو مبين في الجدول الدوري، فإن كتلة ذرة الحديد الواحدة مقدارها 55.845 amu. لذا فالكتلة المولية للحديد تساوي 55.845 g/mol. لاحظ أنه بقياس 55.845 g من الحديد تكون بطريقة غير مباشرة قد عدت  $6.02 \times 10^{23}$  ذرة منه. الشكل 5-6 يوضح العلاقة بين الكتلة المولية ومول واحد من العنصر.

## مختبر حل المشكلات

### صياغة نموذج

كيف ترتبط الكتلة المولية وعدد أفوجادرو والكتلة الذرية؟ يمكن أن يوفر نموذج نواة الذرة صورة مبسطة للعلاقات بين المول، والكتلة المولية وعدد الجسيمات.

### التحليل

يظهر الرسم عن اليسار نماذج أنوية H-1 و He-4. تحتوي نواة H-1 على بروتون واحد بكتلة مقدارها 1.007 amu، وقد قدرت كتلة البروتون بالجرامات  $1.672 \times 10^{-24}$ . تحتوي نواة الهيليوم-4 على بروتونين ونيوترونين، ولها كتلة مقدارها 4 amu.

### التفكير الناقد

1. طبق ما كتلة ذرة الهيليوم الواحدة بالجرامات؟ (كتلة النيوترون مساوية تقريباً لكتلة البروتون).



الهيليوم-4 الهيدروجين-1

- ارسم الكربون-12 يحتوي على ستة بروتونات وستة نيوترونات. ارسم نواة الكربون-12، واحسب كتلة الذرة الواحدة بوحدتي g و amu.
- طبق ما عدد ذرات الهيدروجين-1 في عينة كتلتها 1.007 g؟ تذكر أن 1.007 amu هي كتلة ذرة واحدة من الهيدروجين-1. قرب إجابتك إلى أقرب جزء من مائة.
- طبق لو كانت لديك عيتان من الهيليوم والكربون تحتويان على عدد أفوجادرو من الذرات، فكم تكون كتلة كل عينة بالجرامات؟
- استنتج ماذا يمكنك أن تستنتج عن العلاقة بين عدد الذرات وكتلة كل عينة؟

## استخدام الكتلة المولية Using Molar Mass

**تحويل المولات إلى كتلة** افترض أنه خلال عملك في مختبر الكيمياء احتجت إلى 3.00 mol من النحاس Cu لتفاعل كيميائي، فكيف تقيس هذه الكمية؟ يمكن تحويل عدد مولات النحاس إلى كتلة تقاس بالميزان. ولحساب كتلة عدد معين من المولات اضرب عدد المولات في الكتلة المولية:

$$\text{الكتلة بالجرامات (g)} = \text{عدد المولات (mol)} \times \frac{\text{الكتلة المولية (g)}}{1 \text{ mol}}$$

إذا نظرت إلى الجدول الدوري للعناصر فستجد أن Cu-29 له كتلة ذرية مقدارها 63.54 amu، وأنت تعلم أن الكتلة المولية للعنصر (g/mol) تساوي الكتلة الذرية (معيّراً عنها بوحدة amu)، لذلك فكتلة النحاس المولية هي 63.546 g/mol، وباستخدامها يمكنك تحويل 3.00 mol نحاس إلى جرامات نحاس.

$$3.00 \text{ mol Cu} \times \frac{63.546 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol Cu}} = 191 \text{ g Cu}$$

لذا، كما هو موضح في الشكل 5-7، يمكنك قياس 3.00 mol من النحاس اللازمة للتفاعل باستخدام ميزان لتعيين 191 g من النحاس، والتحويل العكسي (من الكتلة إلى المولات) يتضمن استخدام مقلوب الكتلة المولية بوصفه عامل تحويل. فهل بإمكانك تفسير السبب؟

### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



الشكل 5-7 قياس 3.00 mol من النحاس، ضع ورقة وزن على الميزان، وضمّمه، ثم ضع 191 g من النحاس.

**الرابط مع علم الأحياء** يكشف علماء الخلية بروتينات حيوية جديدة باستمرار، حيث تشكل التقنيات الحيوية مستقبل الرعاية الصحية. ويهتم مشروع "نيوم NEOM" بشكل خاص بالتقنيات الحيوية لأنها السبيل إلى مستقبل الرعاية الصحية والرفاهية المستقبلية. ورؤية مشروع "نيوم NEOM" أن يكون مقصداً جديداً للعالم بأسره في مجال التقنيات الحيوية بحثاً عن الجيل القادم من العلاج الجيني وعلم الجينوم وأبحاث الخلايا الجذعية وتقنية النانو الحيوية والهندسة الحيوية. وبعد اكتشاف جزيء حيوي جديد يقوم عالم الأحياء بتعيين الكتلة المولية للمركب باستخدام تقنية مطياف الكتلة، الذي يوفر -بالإضافة إلى الكتلة المولية - معلومات إضافية تساعد على الكشف عن التركيب الكيميائي للمركب.

\* المصدر: كتيب مشروع نيوم NEOM ص: 10.

## مثال 2-5

**التحويل من المول إلى الكتلة** الكروم Cr عنصر انتقالي، يستخدم في طلاء الحديد والفولاذ لحمايتها من التآكل. احسب كتلة  $0.0450 \text{ mol}$  من الكروم.

### 1 تحليل المسألة

لديك عدد مولات الكروم التي يجب حساب كتلتها باستخدام الكتلة المولية للكروم من الجدول الدوري للعناصر. ولأن العينة أقل من  $0.1 \text{ mol}$ ، فيجب أن تكون الإجابة أقل من  $0.1$  من الكتلة المولية.

#### المطلوب

كتلة Cr = ؟

#### المعطيات

عدد المولات =  $0.0450 \text{ mol}$

الكتلة المولية للكروم =  $52.00 \text{ g/mol}$

### 2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (الكتلة المولية) الذي يربط جرامات الكروم بمولاته، ثم عوض بالقيم المعروفة في المعادلة وحلها.

$$\begin{aligned} \text{طبق عامل التحويل} \\ \text{عوض بالمعطيات وأوجد الحل} \\ \text{كتلة الكروم (g)} = \text{مولات الكروم (mol)} \times \frac{\text{الكتلة المولية للكروم (g)}}{1 \text{ mol من الكروم}} \\ = 0.0450 \text{ mol Cr} \times \frac{52.00 \text{ g Cr}}{1 \text{ mol Cr}} \\ = 2.34 \text{ g Cr} \end{aligned}$$

### 3 تقويم الإجابة

الإجابة أقل من  $0.1 \text{ mol}$  كما هو متوقع، والوحدة صحيحة، وهي (g).

## مسائل تدريبية

- احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يأتي:
  - $3.57 \text{ mol}$  من الألومنيوم Al.
  - $42.6 \text{ mol}$  من السليكون Si.
- تحفيز احسب الكتلة بالجرامات لكل مما يأتي:
  - $3.54 \times 10^2 \text{ mol}$  من الكوبلت Co.
  - $2.45 \times 10^{-2} \text{ mol}$  من الزنك Zn.

التحويل من الكتلة إلى المول الكالسيوم Ca من أكثر العناصر توافراً في الأرض، ويوجد دائماً متحداً مع عناصر أخرى بسبب نشاطه العالي. ما عدد مولات الكالسيوم في 525 g منه؟

### 1 تحليل المسألة

عليك أن تحول كتلة الكالسيوم إلى مولات كالسيوم؛ فكتلة الكالسيوم هنا أكبر من الكتلة المولية أكثر من عشر مرات، لذلك يجب أن تكون الإجابة أكبر من 10 mol.

#### المطلوب

عدد مولات Ca = ؟

#### المعطيات

الكتلة = 525 g Ca

الكتلة المولية لـ Ca = 40.08 g/mol

### 2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط مولات الكالسيوم بجراماته، وعوض القيم المعروفة، وحل:

طابق عامل التحويل  
مولات الكالسيوم (mol) = كتلة الكالسيوم (g) ×  $\frac{1 \text{ mol}}{\text{الكتلة المولية للكالسيوم (g)}}$

$$= 525 \text{ g Ca} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{40.08 \text{ g Ca}} = 13.1 \text{ mol Ca}$$

عوض بالمعطيات وأوجد الحل

### 3 تقويم الجواب

الإجابة أكبر من 10 mol كما هو متوقع، والوحدة صحيحة، وهي mol.

### مسائل تدريبية

16. احسب عدد المولات في كل مما يأتي:

a. 25.5 g من الفضة Ag.

b. 300.0 g من الكبريت S.

17. تحفيز حول كلاً من الكتل الآتية إلى مولات:

a.  $1.25 \times 10^3 \text{ g}$  من الخارصين Zn.

b. 1.00 Kg من الحديد Fe.

**التحويل بين الكتلة والذرات** إنك لا تستطيع أن تقوم بتحويل مباشر من كتلة المادة إلى عدد الجسيمات المكونة لها؛ إذ لا بد أن تحول الكتلة إلى عدد المولات في البداية، وهذه العملية المكونة من خطوتين موضحة في المثال 4-5.

#### مثال 4-5

**التحويل من الكتلة إلى الذرات الذهب Au** هو أحد فلزات العملة (الذهب، الفضة، النحاس). ما عدد ذرات الذهب في عملة ذهبية كتلتها 31.1 g؟

#### 1 تحليل المسألة

عليك أن تحسب عدد الذرات في كتلة معينة من الذهب. ولأنك لا تستطيع التحويل مباشرة من الكتلة إلى عدد الذرات، فعليك أولاً أن تحول الكتلة إلى مولات باستخدام الكتلة المولية، ثم تحول المولات إلى عدد الذرات باستخدام عدد أفوجادرو. ولأن كتلة الذهب المعطاة هي سدس الكتلة المولية للذهب (196.97 g/mol). لذا فعدد ذرات الذهب يجب أن يكون سدس عدد أفوجادرو تقريباً.

#### المطلوب

عدد ذرات Au = ؟

#### المعطيات

الكتلة = 31.1 g Au

الكتلة المولية = 196.97 g/mol

#### 2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط مولات الذهب بجراماته.

$$\begin{aligned} & \text{طابق عامل التحويل} \\ & \text{عدد مولات الذهب (mol)} = \text{كتلة الذهب (g)} \times \frac{1 \text{ mol}}{\text{الكتلة المولية للذهب (g)}} \\ & \text{عوض بالمعطيات، واحسب عدد المولات} \\ & 31.1 \text{ g Au} \times \frac{1 \text{ mol Au}}{196.97 \text{ g Au}} = 0.158 \text{ mol Au} \end{aligned}$$

لتحويل المولات إلى عدد ذرات، اضرب في عدد أفوجادرو

$$\begin{aligned} & \text{طابق عامل التحويل} \\ & \text{عدد ذرات الذهب} = \text{عدد مولات الذهب (mol)} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من الذهب}}{1 \text{ mol}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{عوض بالمعطيات، وأوجد الحل} \\ & = 0.158 \text{ mol Au} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ ذرة من الذهب}}{1 \text{ mol Au}} \\ & = 9.51 \times 10^{22} \text{ ذرة من الذهب} \end{aligned}$$

#### 3 تقويم الإجابة

الإجابة تساوي سدس عدد أفوجادرو تقريباً، كما هو متوقع. والوحدة صحيحة، وهي ذرة (atom).

## مثال 5-5

تحويل الذرات إلى كتلة الهيليوم He غاز نبييل، فإذا احتوى بالنون على  $5.50 \times 10^{22}$  ذرة من الهيليوم، فاحسب كتلة الهيليوم فيه.

### 1 تحليل المسألة

عدد ذرات الهيليوم معلومة لديك، وعليك إيجاد كتلة الغاز. حوّل أولاً عدد الذرات إلى مولات، ثم حول المولات إلى جرامات.

#### المعطيات

#### المطلوب

كتلة He = ؟

عدد ذرات الهيليوم He =  $5.50 \times 10^{22}$  ذرة

الكتلة المولية للهيليوم = 4.00 g/mol He

### 2 حساب المطلوب

استخدم عامل التحويل (مقلوب عدد أفوجادرو) الذي يربط المولات بعدد الذرات

طبق عامل التحويل

عدد مولات الهيليوم (mol) = عدد ذرات الهيليوم  $\times$  1 mol من الهيليوم

عوض  $5.50 \times 10^{22}$  atoms He =  $5.50 \times 10^{22}$  ذرة من He  $\times$  1mol He

اضرب واقسم الأرقام والنوحدات

0.0914 mol He =

لتحويل عدد المولات إلى كتلة، اضرب في الكتلة المولية

طبق عامل التحويل

كتلة الهيليوم بالجرامات (g) = عدد مولات الهيليوم (mol)  $\times$  الكتلة المولية للهيليوم (g)

عوض عدد مولات 0.0914 mol He = الكتلة

المولية 4.00 g/mol He، وأوجد الحل

عبر عن الجواب بالوحدة الصحيحة (g).

### 3 تقويم الإجابة

#### مسائل تدريبية

18. ما عدد الذرات في 11.5 g من الزئبق Hg؟

19. ما كتلة  $1.50 \times 10^{15}$  ذرة من النيتروجين N؟

20. تحفيز احسب عدد الذرات في كل مما يأتي:

a.  $4.56 \times 10^3$  g من السليكون Si.

b. 0.120 kg من التيتانيوم Ti.



**الشكل 5-8** يعد المول أساس التحويل بين الكتلة والجسيمات الممثلة (الذرات، الأيونات، الجزيئات، وحدات الصيغة). في الشكل تمثل الكتلة في الميزان والمولات في حقيبة تحتوي على الجسيمات الممثلة، والجسيمات الممثلة تنتشر من الحقيبة. تحتاج إلى خطوتين للتحويل من الكتلة إلى الجسيمات أو العكس.

الآن بعد أن أجريت تحويلاً بين الكتلة، والمولات، والجسيمات، أنت تدرك أن المول أساس الحسابات. فالكتلة دائماً تحول إلى مولات قبل تحويلها إلى ذرات، والذرات تحول إلى مولات قبل أن تحسب كتلتها.

**الشكل 5-8** يبين خطوات التحويل. في الأمثلة الحسابية التي مرت بك، استعملت خطوتين في التحويل، فإما تحول الكتلة إلى مولات ثم إلى ذرات، أو تحول الذرات إلى مولات ثم إلى كتلة. ويمكنك دمج الخطوتين في خطوة واحدة. افترض أنك تريد معرفة عدد جزيئات الأكسجين في 1.00 g منه. إن عملية التحويل هذه تتطلب التحويل من كتلة إلى مولات ومن مولات إلى جزيئات، ويمكن أن تمثل ذلك في المعادلة.

$$= 1.00 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{31.998 \text{ g O}_2} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جزيء O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 1.88 \times 10^{22} \text{ جزيء}$$

## التقويم 5-2

### الخلاصة

21. **الفكرة الرئيسية** لخص الفرق بين كميات مول واحد من مادتين مختلفتين أحاديّتي الذرات من حيث الجسيمات والكتلة؟
  22. اذكر معامل التحويل اللازم للتحويل بين الكتلة والمولات لذرة الفلور.
  23. اشرح كيف تربط الكتلة المولية كتلة الذرة بكتلة مول واحد من الذرات.
  24. صف الخطوات اللازمة لتحويل كتلة عنصر ما إلى ذراته.
  25. احسب كتلة 0.25 mol من ذرات الكربون-12.
  26. رتب الكميات الآتية من الأصغر إلى الأكبر بحسب الكتلة: 1.0 mol Ar،  $3.0 \times 10^{24}$  ذرة Ne، 20 g Kr.
  27. حدّد الكمية التي تحسب بقسمة الكتلة المولية للعنصر على عدد أفوجادرو.
  28. صمّم خريطة مفاهيمية توضح العوامل اللازمة للتحويل بين الكتلة، والمولات، وعدد الجسيمات.
- تسمى الكتلة بالجرامات لمول واحد من أي مادة نقية الكتلة المولية.
  - الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عددًا كتلته الذرية.
  - الكتلة المولية لأي مادة هي كتلة عدد أفوجادرو من الجسيمات المكونة لهذه المادة.
  - تستخدم الكتلة المولية للتحويل من المولات إلى كتلة، ويستخدم مقلوب الكتلة المولية للتحويل من الكتلة إلى مولات.



## مولات المركبات Moles of Compounds

الأهداف

- تتعرّف العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية.
- تحسب الكتلة المولية لمركب.
- تطبق عوامل التحويل لتحديد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معروفة من مركب.

### الصيغ الكيميائية والمول

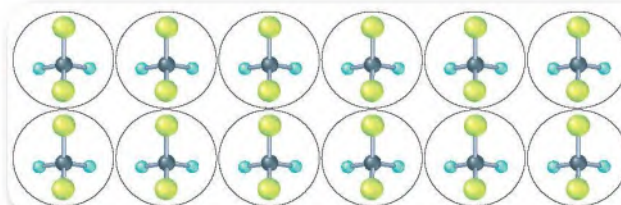
#### Chemical Formulas and the Mole

#### مراجعة المفردات

تعلمت أن الأنواع المختلفة من الجسيمات تُعد باستعمال المول، وكذلك تعلمت أن الكتل المولية تستعمل للتحويل بين المولات والكتلة، وعدد الجسيمات للعنصر. ولتقوم بتحويلات مشابهة للمركبات والأيونات تحتاج إلى معرفة الكتلة المولية لها.

تذكر أن الصيغة الكيميائية للمركب تعبر عن عدد الذرات وأنواعها الموجودة في وحدة صيغة واحدة منه. خذ في الاعتبار مركب ثنائي كلورو ثنائي فلورو ميثان (غاز الفريون) المستخدم في عمليات التبريد، وصيغته  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  حيث تدل الأرقام في صيغة المركب على أن جزيئاً واحداً من  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  يتكون من ذرة كربون (C) وذرتي كلور (Cl) وذرتي فلور (F). وهذه الذرات مرتبطة معاً كيميائياً، بنسبة F: Cl: C هي 2:2:1.

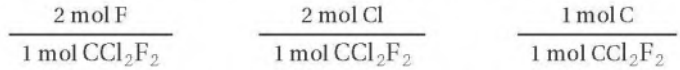
والآن، افترض أن لديك مولاً واحداً من  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ، وهذا يعني أنه يحتوي على عدد أفوجادرو من الجزيئات، وستبقى النسبة 2:2:1 بين ذرات F:Cl:C في مول من المركب كما هي في جزيء واحد منه. ويوضح الشكل 5-9 درزن من جزيئات  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ؛ إذ تحتوي على درزن واحد من ذرات الكربون، ودرزتين من ذرات الكلور، ودرزتين من ذرات الفلور. فالصيغة الكيميائية  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  لا تمثل جزيئاً منفرداً من  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  فقط، بل تمثل أيضاً مولاً من المركب.



**الشكل 5-9** يوضح درزن من جزيئات  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  تحتوي على درزن من ذرات الكربون، ودرزتين من ذرات الكلور، ودرزتين من ذرات الفلور.

**استنتج** كم ذرة من الكربون، والكلور، والفلور توجد في مول واحد من  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ؟

قد تحتاج في بعض الحسابات الكيميائية إلى التحويل بين مولات المركب ومولات إحدى الذرات المكونة له. فالنسب أو عوامل التحويل الآتية يمكن كتابتها لاستعمالها في الحسابات لجزيء  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ .



لإيجاد عدد مولات ذرات الفلور في 5.50 mol من الفريون  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  اضرب مولات الفريون في عامل التحويل الذي يربط بين مولات ذرات الفلور ومولات الفريون.

$$\text{عدد مولات F} = \text{عدد مولات } \text{CCl}_2\text{F}_2 \times \frac{2 \text{ mol F}}{1 \text{ mol CCl}_2\text{F}_2}$$

$$5.50 \text{ mol CCl}_2\text{F}_2 \times \frac{2 \text{ mol F}}{1 \text{ mol CCl}_2\text{F}_2} = 11.0 \text{ mol F}$$

يمكن استعمال عامل التحويل الذي استعمل للفلور في كتابة عوامل التحويل لسائر العناصر في المركب. وعدد مولات العنصر التي توضع في البسط تمثل الرقم الذي عن يمين رمز العنصر في الصيغة الكيميائية.

## مثال 5-6

علاقات المول المرتبطة بالصيغة الكيميائية أكسيد الألومنيوم ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) الذي يسمى غالباً ألومينا، هو المادة الخام الأساسية لإنتاج الألومنيوم (Al). توجد الألومينا في معدن الكورنديوم والهوكسيت. احسب عدد مولات أيونات الألومنيوم ( $\text{Al}^{3+}$ ) في 1.25 mol من أكسيد الألومنيوم  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، وعليك أن تحسب عدد مولات أيونات  $\text{Al}^{3+}$ . مستعملًا عامل التحويل المبني على الصيغة الكيميائية والذي يربط بين مولات أيونات  $\text{Al}^{3+}$  ومولات  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . كل مول من  $\text{Al}_2\text{O}_3$  يحتوي على مولين من أيونات  $\text{Al}^{3+}$ ، لذا فالإجابة يجب أن تكون ضعف مولات  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### المعطيات

عدد مولات  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.25 \text{ mol}$   
عدد المولات  $\text{Al}^{3+} = ?$

### 2 حساب المطلوب

استعمل العلاقة 1 mol من  $\text{Al}_2\text{O}_3$  يحتوي على 2 mol من  $\text{Al}^{3+}$ ، لكتابة عامل التحويل.

$$\frac{2 \text{ mol Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} \quad \text{عن عامل تحويل يربط بين عدد مولات أيونات } \text{Al}^{3+} \text{ بمولات } \text{Al}_2\text{O}_3$$

لتحويل عدد مولات  $\text{Al}_2\text{O}_3$  المعروفة إلى مولات أيونات  $\text{Al}^{3+}$  اضرب في عامل التحويل.

$$\text{mol Al}_2\text{O}_3 \times \frac{2 \text{ mol Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} = \text{mol Al}^{3+} \quad \text{طبق عامل التحويل}$$

$$1.25 \text{ mol Al}_2\text{O}_3 \times \frac{2 \text{ mol Al}^{3+}}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} = 2.5 \text{ mol Al}^{3+} \quad \text{عوض مستعينًا بالمعطيات، وأوجد الحل}$$

### 3 تقويم الإجابة

عدد مولات أيونات  $\text{Al}^{3+}$  ضعف عدد مولات  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ، كما هو متوقع.

### مسائل تدريبية

29. يستعمل كلوريد الزنك  $ZnCl_2$  بوصفه سبيكة لحام لربط فلزين معاً، احسب عدد مولات أيونات  $Cl^-$  في  $2.50 \text{ mol}$  من  $ZnCl_2$ .
30. تعتمد النباتات والحيوانات على سكر الجلوكوز  $C_6H_{12}O_6$  بوصفه مصدراً للطاقة. احسب عدد مولات كل عنصر في  $1.25 \text{ mol}$  من الجلوكوز.
31. احسب عدد مولات أيونات الكبريتات الموجودة في  $3.00 \text{ mol}$  من  $Fe_2(SO_4)_3$ .
32. ما عدد مولات ذرات الأكسجين الموجودة في  $5.00 \text{ mol}$  من  $P_2O_5$ ؟
33. تحفيز احسب عدد مولات ذرات الهيدروجين في  $1.15 \times 10^1 \text{ mol}$  من الماء.

### الكتلة المولية للمركبات

#### The Molar Mass of Compounds

كتلة مول واحد من المركب تساوي مجموع كتل الجسيمات التي يتكون منها المركب. افترض أنك ترغب في تعيين الكتلة المولية لمركب كرومات البوتاسيوم ( $K_2CrO_4$ )، ابدأ بالبحث عن الكتل المولية لكل عنصر في  $K_2CrO_4$ ، ثم اضرب الكتلة المولية لكل عنصر في عدد مولات العنصر الممثلة في الصيغة الكيميائية، ثم اجمع كتل العناصر كافة لتحصل على الكتلة المولية للمركب  $K_2CrO_4$ .

$$2 \text{ mol K} \times \frac{39.10 \text{ g K}}{1 \text{ mol K}} = 78.20 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol Cr} \times \frac{52.0 \text{ g Cr}}{1 \text{ mol Cr}} = 52.0 \text{ g}$$

$$4 \text{ mol O} \times \frac{16.0 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 64.0 \text{ g}$$

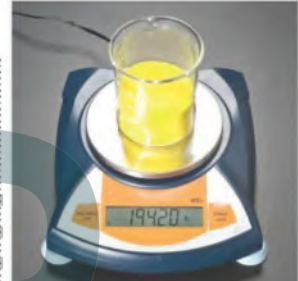
$$194.20 \text{ g} = K_2CrO_4 \text{ الكتلة المولية}$$

توضح الكتلة المولية للمركب قانون حفظ الكتلة؛ فالكتلة الكلية للمفاعلات تساوي كتلة المركب المتكون. يوضح الشكل 10-5 كتلاً متكافئة لمول واحد من كرومات البوتاسيوم، وكلوريد الصوديوم، والسكروز.

### مسائل تدريبية

34. احسب الكتلة المولية لكل مركب أيوني من المركبات الآتية:
- a.  $NaOH$       b.  $CaCl_2$       c.  $KC_2H_3O_2$
35. احسب الكتلة المولية لكل مركب تساهمي من المركبات الآتية:
- a.  $C_2H_5OH$       b.  $HCN$       c.  $CCl_4$
36. تحفيز صنف كلاً من المركبات الآتية بوصفه مركباً جزيئياً أو أيونياً، ثم احسب كتلته المولية:
- a.  $Sr(NO_3)_2$       b.  $(NH_4)_3PO_4$       c.  $C_{12}H_{22}O_{11}$

الشكل 10-5 لأن كل مادة تحتوي على أعداد وأنواع مختلفة من الذرات، فإن كتلتها المولية مختلفة. فالكتلة المولية لكل مركب هي حاصل مجموع كتل جميع العناصر المكونة له.



كرومات البوتاسيوم ( $K_2CrO_4$ )



كلوريد الصوديوم ( $NaCl$ )



السكروز ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ )

## تحويل مولات المركب إلى كتلة

### Converting Moles of a Compound to Mass

إذا أردت إيجاد عدد مولات مركب لعمل تجربة ما، فعليك أولاً أن تحسب الكتلة المطلوبة بالجرامات من خلال عدد المولات، ثم يمكنك قياس هذه الكتلة بالميزان. ففي المثال 2-5 تعلمت كيفية تحويل عدد مولات العناصر إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها عامل تحويل. وتستعمل الطريقة نفسها مع المركبات، إلا أنه يتعين عليك حساب الكتلة المولية للمركب.

#### مثال 5-7

التحويل من مول إلى كتلة في المركبات تعود الرائحة المميزة للثوم إلى وجود المركب  $(C_3H_5)_2S$ . فما كتلة 2.50 mol من  $(C_3H_5)_2S$  ؟

#### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات  $(C_3H_5)_2S$ ، وعليك أن تحول المولات إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها عامل تحويل. والكتلة المولية هي حاصل مجموع الكتل المولية لكل العناصر في  $(C_3H_5)_2S$ .

#### المطلوب

#### المعطيات

$$\text{الكتلة المولية } (C_3H_5)_2S = ?$$

$$\text{عدد مولات } (C_3H_5)_2S = 2.50 \text{ mol}$$

$$\text{كتلة } (C_3H_5)_2S = ?$$

#### 2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية لـ  $(C_3H_5)_2S$ .

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

اضرب مولات S في الكتلة المولية لـ S

$$6 \text{ mol C} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 72.06 \text{ g C}$$

اضرب مولات C في الكتلة المولية لـ C

$$10 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 10.08 \text{ g H}$$

اضرب مولات H في الكتلة المولية لـ H

$$= 32.07 \text{ g} + 72.06 \text{ g} + 10.08 \text{ g} = 114.21 \text{ g/mol } (C_3H_5)_2S$$

حاصل جمع الكتل

استعمل عامل التحويل (الكتلة المولية) الذي يربط الجرامات بالمولات.

$$\frac{\text{الكتلة المولية } (C_3H_5)_2S}{1 \text{ mol } (C_3H_5)_2S} \times \text{عدد مولات } (C_3H_5)_2S = \text{كتلة } (C_3H_5)_2S$$

طبق عامل التحويل

$$2.5 \text{ mol } (C_3H_5)_2S \times \frac{114.21 \text{ g } (C_3H_5)_2S}{1 \text{ mol } (C_3H_5)_2S} = 286 \text{ g } (C_3H_5)_2S$$

عوض مستعيناً بالمعطيات، وحل

#### مسائل تدريبية

37. ما كتلة 3.25 mol من حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$  ؟

38. ما كتلة  $4.35 \times 10^{-2} \text{ mol}$  من كلوريد الحارصين  $ZnCl_2$  ؟

39. تحفيز اكتب الصيغة الكيميائية لبرمنجنات البوتاسيوم، ثم احسب كتلة 2.55 mol منه بالجرامات.

## تحويل كتلة المركب إلى مولات

### Converting the Mass of a Compound to Moles

إذا نتج عن إحدى التجارب التي أجريتها في المختبر 5.55 g من مركب ما، فما عدد المولات في هذه الكتلة؟ لتحديد ذلك افترض أنك حسبت الكتلة المولية للمركب ووجدتها 185.0 g/mol، ولأن الكتلة المولية تربط الجرامات بالمولات، فإنك تحتاج في هذه الحالة إلى مقلوب الكتلة المولية بوصفه عامل تحويل.

$$5.50 \text{ g من المركب} \times \frac{1 \text{ mol من المركب}}{185 \text{ g من المركب}} = 0.0297 \text{ mol من المركب}$$

### مثال 5-8

التحويل من الكتلة إلى مولات يستعمل مركب هيدروكسيد الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات العادم المنبعثة من محطات الطاقة، وفي معالجة عسر الماء لإزالة أيونات  $\text{Ca}^{2+}$  و  $\text{Mg}^{2+}$ . احسب عدد مولات هيدروكسيد الكالسيوم في 325 g منه.

#### 1 تحليل المسألة

لديك 325 g من  $\text{Ca(OH)}_2$  والمطلوب إيجاد عدد مولات  $\text{Ca(OH)}_2$ . احسب أولاً الكتلة المولية لـ  $\text{Ca(OH)}_2$ .

#### المطلوب

#### المعطيات

الكتلة المولية لـ  $\text{Ca(OH)}_2$  = ؟

كتلة  $\text{Ca(OH)}_2$  = 325 g

عدد المولات لـ  $\text{Ca(OH)}_2$  = ؟

#### 2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب  $\text{Ca(OH)}_2$ .

اضرب مولات Ca في الكتلة المولية لـ Ca

$$1 \text{ mol Ca} \times \frac{40.08 \text{ g Ca}}{1 \text{ mol Ca}} = 40.08 \text{ g}$$

اضرب مولات O في الكتلة المولية لـ O

$$2 \text{ mol O} \times \frac{16.0 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 32.0 \text{ g}$$

اضرب مولات H في الكتلة المولية لـ H

$$2 \text{ mol H} \times \frac{1.00 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 2.016 \text{ g}$$

$$= 40.08 \text{ g} + 32.00 \text{ g} + 2.016 \text{ g} = 74.10 \text{ g/mol Ca(OH)}_2$$

حاصل جمع الكتل

استعمل عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

$$= 325 \text{ g Ca(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74.10 \text{ g Ca(OH)}_2} = 4.39 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

عوض مستعينا بالمعطيات، وحل

#### 3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الإجابة، قرب الكتلة المولية لـ  $\text{Ca(OH)}_2$  إلى 75 g/mol، وكذلك الكتلة المعطاة من  $\text{Ca(OH)}_2$  إلى 300. ولأن العدد 300 أربعة أضعاف العدد 75، لذا فالإجابة مقبولة. كما أن الوحدة صحيحة، وهي المول.

### مسائل تدريبية

40. احسب عدد المولات لكل من المركبات الآتية:

a. 22.6 g من نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$ . b. 6.5 g من كبريتات الخارصين  $\text{ZnSO}_4$ .

41. تحفيز صنف كلاً من المركبين الآتيين إلى أيوني أو جزيئي، ثم حول الكتل المعطاة إلى مولات:

a. 2.50 Kg من أكسيد الحديد III  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . b. 25.4 mg من كلوريد الرصاص IV  $\text{PbCl}_4$ .

ضمّن مطوّبتك معلومات من هذا القسم.

## تحويل كتلة مركب إلى عدد جسيمات

### Converting the Mass of a Compound to Number of Particles

تعرفت كيفية إيجاد عدد المولات في كتلة معينة من المركب. الآن سوف تتعلم كيفية حساب عدد الجسيمات الممثلة - الجزيئات أو الأيونات أو الذرات أو وحدات الصيغة الكيميائية - الموجودة في كتلة معينة.

تذكر أنه لا يمكن التحويل مباشرة من كتلة المادة إلى عدد الجسيمات المكوّنة لها؛ إذ لا بد أن تحول الكتلة المعطاة إلى عدد المولات في البداية، وذلك بالضرب في مقلوب الكتلة المولية. ويمكنك بعد ذلك تحويل عدد المولات إلى عدد جسيمات بالضرب في عدد أفوجادرو. ولتحديد عدد الذرات أو الأيونات في المركب سوف تحتاج إلى عوامل تحويل تعطي نسبة أعداد الذرات أو الأيونات في المركب إلى مول واحد منه، وهي تعتمد على الصيغة الكيميائية. والمثال 5-9 يبين كيفية حل هذا النوع من المسائل.

#### مثال 5-9

التحويل من كتلة إلى مولات ثم إلى جسيمات يستعمل كلوريد الألومنيوم  $AlCl_3$  لتكرير البترول وصناعة المطاط والشحوم. فإذا كان لديك عينة من كلوريد الألومنيوم كتلتها 35.6 g فأوجد:

- عدد أيونات الألومنيوم الموجودة فيها.
- عدد أيونات الكلور الموجودة فيها.
- الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من كلوريد الألومنيوم.

#### 1 تحليل المسألة

لديك 35.6 g من  $AlCl_3$  وعليك أن تحسب عدد أيونات كل من  $Al^{3+}$  و  $Cl^-$  وكتلة وحدة صيغة واحدة من  $AlCl_3$  بالجرامات. علمًا بأن الكتلة المولية وعدد أفوجادرو والنسب من الصيغة الكيميائية هي عوامل التحويل المطلوبة، ولأن نسبة أيونات  $Al^{3+}$  إلى أيونات  $Cl^-$  في الصيغة هي 3:1، لذا فإن عدد الأيونات المحسوبة يجب أن تكون بالنسبة نفسها.

#### المعطيات

$$35.6 \text{ g} = AlCl_3 \text{ كتلة}$$

#### المطلوب

$$\text{عدد أيونات } Al^{3+} = ?$$

$$\text{عدد أيونات } Cl^- = ?$$

$$\text{كتلة } AlCl_3 \text{ لكل وحدة صيغة} = ?$$

#### 2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب  $AlCl_3$ .

اضرب عدد مولات Al في كتلته المولية

اضرب عدد مولات Cl في كتلته المولية.

حاصل جمع الكتل

استعمل عامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

$$1 \text{ mol Al} \times \frac{26.98 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 26.98 \text{ g Al}$$

$$3 \text{ mol Cl} \times \frac{35.45 \text{ g Cl}}{1 \text{ mol Cl}} = 106.35 \text{ g Cl}$$

$$= 26.98 \text{ g} + 106.35 \text{ g} = 133.33 \text{ g/mol } AlCl_3$$

$$\text{مولات } \text{AlCl}_3 = \text{كتلة } \text{AlCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{AlCl}_3}{\text{الكتلة المولية لـ } \text{AlCl}_3}$$

طبق عامل التحويل

$$35.6 \text{ g } \text{AlCl}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{AlCl}_3}{133.33 \text{ g } \text{AlCl}_3} = 0.267 \text{ mol } \text{AlCl}_3$$

عوض كتلة  $\text{AlCl}_3$ ، ومقلوب الكتلة

$$= 0.276 \text{ mol } \text{AlCl}_3 \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ وحدة صيغة}}{1 \text{ mol } \text{AlCl}_3}$$

المولية، واحسب عدد المولات.

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها.

$$= 1.61 \times 10^{23} \text{ وحدة صيغة}$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها.

$$= \text{AlCl}_3 \text{ وحدة صيغة } 1.61 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ Al}^{3+}}{\text{AlCl}_3 \text{ وحدة صيغة } 1}$$

$$= 1.61 \times 10^{23} \text{ Al}^{3+}$$

$$= 1.61 \times 10^{23} \times \frac{3 \text{ Cl}^-}{\text{AlCl}_3 \text{ وحدة صيغة } 1} = 4.83 \times 10^{23} \text{ Cl}^-$$

$$\text{AlCl}_3$$

$$= 4.83 \times 10^{23} \text{ Cl}^-$$

احسب كتلة  $\text{AlCl}_3$  باستعمال مقلوب عدد أفوجادرو

$$= \frac{133.33 \text{ g } \text{AlCl}_3}{1 \text{ mol}} \times \frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ وحدة صيغة}}$$

عوض  $\text{AlCl}_3$  من 133.33 g، ثم حل.

$$= 2.21 \times 10^{-22} \text{ g لكل وحدة صيغة من } \text{Al}^{3+}$$

### 3 تقويم الإجابة

عدد أيونات  $\text{Cl}^-$  يساوي ثلاثة أضعاف عدد أيونات  $\text{Al}^{3+}$ ، كما هو متوقع. يمكن حساب كتلة وحدة صيغة كيميائية من  $\text{AlCl}_3$  بطريقة مختلفة. اقسم كتلة 35.6 g من  $\text{AlCl}_3$  على عدد وحدات الصيغة الكيميائية الموجودة في الكتلة ( $1.61 \times 10^{23}$ ) لحساب كتلة وحدة صيغة كيميائية واحدة. الإجابتان متطابقتان.

### مسائل تدريبية

42. يستعمل الإيثانول  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  مصدر الوقود، ويخلط أحياناً مع الجازولين. إذا كان لديك عينة من الإيثانول كتلتها 45.6 g فأوجد:  
a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها.  
b. عدد ذرات الهيدروجين الموجودة فيها.  
c. عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها.

43. عينة من كبريتيت الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  كتلتها 2.25 g. أوجد:  
a. عدد أيونات  $\text{Na}^+$  الموجودة فيها.  
b. عدد أيونات  $\text{SO}_3^{2-}$  الموجودة فيها.  
c. الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  في العينة.

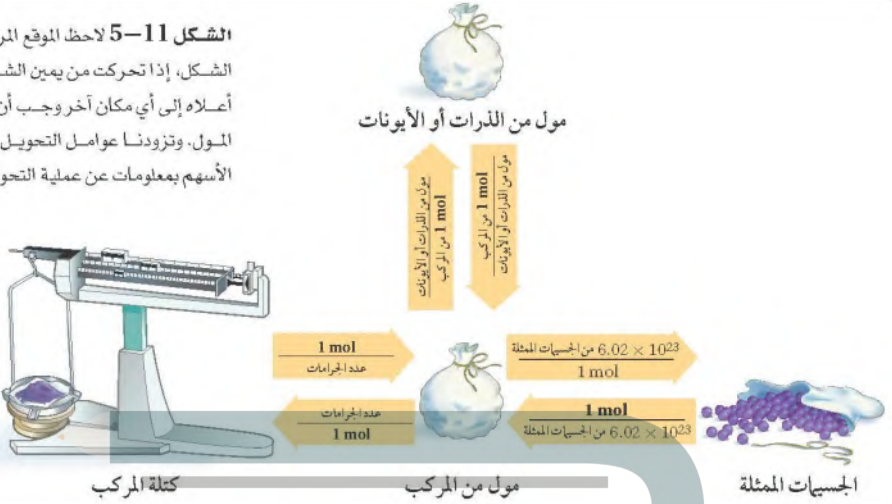
44. عينة من ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  كتلتها 52.0 g. أوجد:  
a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها.  
b. عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها.  
c. كتلة جزيء واحد من  $\text{CO}_2$  بالجرامات.

45. ما كتلة كلوريد الصوديوم  $\text{NaCl}$  التي تحتوي على  $4.59 \times 10^{24}$  وحدة صيغة؟

46. تحفيز عينة من كرومات الفضة كتلتها 25.8 g:

- اكتب صيغة كرومات الفضة.
- ما عدد الأيونات الموجبة فيها؟
- ما عدد الأيونات السالبة فيها؟
- ما مقدار الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة منها؟

**الشكل 11-5** لاحظ الموقع المركزي للمول في الشكل، إذا تحركت من يمين الشكل أو يساره أو أعلاه إلى أي مكان آخر وجب أن تمر من خلال المول، وتزودنا عوامل التحويل المكتوبة على الأسهم بمعلومات عن عملية التحويل.



يتضمن الشكل 11-5 ملخصاً للتحويل بين الكتلة والمولات وعدد الجسيمات. لاحظ أن الكتلة المولية ومقلوبها هما عاملا التحويل بين الكتلة وعدد المولات، وأن عدد أفوجادرو ومقلوبه هما عاملا التحويل بين المولات وعدد الجسيمات الممثلة. وللتحويل بين المولات وعدد مولات الذرات أو الأيونات الموجودة في المركب، استعمل نسب مولات الذرات أو الأيونات إلى مول واحد من المركب أو مقلوبه، كما هو مبين على الأسهم المتجهة إلى أعلى وإلى أسفل في الشكل 11-5، وهذه النسب تشق من الصيغة الكيميائية.

#### النسب المولية

تدريج  
عملية

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

الحلول  
hulul.online

### التقويم 5-3

#### الخلاصة

47. **الفكرة الرئيسية** صف كيف تحدد الكتلة المولية للمركب؟
48. حدد عوامل التحويل المطلوبة للتحويل بين عدد مولات المركب وكتلته.
49. وضح كيف يمكنك أن تحدد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معينة من المركب؟
50. طبق ما عدد مولات ذرات كل من C, K, O في مول واحد من  $K_2C_2O_4$ ؟
51. احسب الكتلة المولية لبروميد الماغنسيوم  $MgBr_2$ .
52. احسب ما عدد مولات  $Ca^{2+}$  الموجودة في 1000 mg من  $CaCO_3$ ؟
53. صمم رسمًا بيانيًا بالأعمدة يظهر عدد مولات كل عنصر موجود في 500 g من الدايدوكسين ( $C_{12}H_4Cl_4O_2$ ) الشديد السمية.

- تدل الأرقام في الصيغ الكيميائية على عدد مولات العنصر في مول واحد من المركب.
- تُحسب الكتلة المولية للمركب من الكتل المولية لجميع العناصر فيه.
- تستعمل معاملات التحويل المبنية على الكتلة المولية للمركب للتحويل بين مولات المركب وكتلته.

## الأهداف

تفسر المقصود بالتركيب النسبي المئوي للمركب.

تحدد الصيغتين الأولية والجزئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية للمركب.

## مراجعة المفردات

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

## المفردات الجديدة

التركيب النسبي المئوي  
الصيغة الأولية  
الصيغة الجزئية

## الصيغة الأولية والصيغة الجزئية

### Empirical and Molecular Formulas

**الصيغة الجزئية لمركب ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.**

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

### Percent Composition التركيب النسبي المئوي

غالبًا ما يشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية والدوائية والمنزلية، كما في الشكل 5-12، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي (الذي يحضر مركبات جديدة) بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدّم دليلًا عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

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

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

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



الشكل 5-12 يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير كميات صغيرة من مركبات كيميائية جديدة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي كما في الصورة اليسرى بتحليل المركب ليؤكد صحة تركيبه النسبي المئوي وصيغته الكيميائية.

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

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

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

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

**التركيب النسبي المئوي من خلال الصيغة الكيميائية** يمكن تحديد التركيب النسبي المئوي لمركب أيضًا من خلال الصيغة الكيميائية. ولعمل ذلك، افترض أن لديك مولاً واحداً من المركب واستعمل الصيغة الكيميائية لحساب الكتلة المولية للمركب، ثم احسب كتلة كل عنصر في مول واحد من المركب، وأخيراً استعمل العلاقة أدناه لحساب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر.

النسبة المئوية بالكتلة من خلال الصيغة الكيميائية

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

## تجربة

### تحليل العلك

وكرر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديداً، ولا تدع القطع تتجمع معاً.

6. استعمل مصفاة لتصفية الماء من قطع العلك، وجففها بمناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

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

### التحليل

### خطوات العمل

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

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.
2. أزل الغلاف عن قطعتي علك، ثم قس كتلة كل منهما بالميزان وسجلها.
3. أضف 150 mL من ماء الصنبور البارد إلى كأس سعته 250 mL. وضع إحدى قطعتي العلك في الكأس، وحركها بساق تحريك مدة دقيقتين.
4. أخرج العلكة وجففها باستعمال مناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.
- تحذير: كن حذراً عند استعمال المقص.
5. استعمل مقصاً لتقطع العلكة الثانية قطعاً صغيرة،

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

### 1 تحليل المسألة

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

#### المعطيات

الصيغة  $CO_2$

#### المطلوب

نسبة C = ؟

نسبة O = ؟

### 2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

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

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

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

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$= 12.01 \text{ g} + 32.00 \text{ g} = 44.01 \text{ g/mol } CO_2$$

اجمع كتل العناصر في المركب.

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

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

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

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

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

يتكون  $CO_2$  من 27.29% C و 72.71% O.

### 3 تقويم الإجابة

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

### مسائل تدريبية

54. ما التركيب النسبي المئوي لحمض الفوسفوريك  $H_3PO_4$ ؟

55. أي المركبين الآتين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى:  $H_2SO_3$  أم  $H_2SO_4$ ؟

56. يستعمل كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في  $CaCl_2$ .

57. تحفيز تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المنظفات.

a. حدد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.



**الشكل 13-5** تذكر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالتركيب النسبي المئوي. يمكنك الافتراض دائماً أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

## الصيغة الأولية Empirical Formula

عندما يُعرف التركيب النسبي المئوي لمركب ما، فإنه يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة أعداد ذرات العناصر في الصيغة الأولية. فالصيغة الأولية لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب. وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية ستكون دائماً مضاعفاً بسيطاً للصيغة الأولية. فالصيغة الأولية مثلاً تفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في الصيغتين. ويمكن استعمال التركيب النسبي المئوي أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت التركيب النسبي المئوي للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية 100.00 g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر تساوي كتلة العنصر بالجرامات، كما في الشكل 13-5، حيث كل 100 g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

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

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

لذا فإن نسبة ذرات S إلى ذرات O في المركب هي 1.249:3.747. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعداداً صحيحة فلا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، لذا يجب تحويلها إلى أعداد صحيحة، ولجعل القيمة المولية أعداداً صحيحة، انقسم القيمتين الموليتين على أصغر قيمة مولية، وهي للكبريت (1.249)، وهذا لا يغير النسبة المولية بين العنصرين لأن كليهما سيقسم على الرقم نفسه.

$$\frac{1.249 \text{ mol S}}{1.249} = 1 \text{ mol S} \quad \frac{3.747 \text{ mol O}}{1.249} = 3 \text{ mol O}$$

أي أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 1:3. ولذا فإن الصيغة الأولية هي SO<sub>3</sub>. وفي بعض الأحيان، قد لا تؤدي القسمة على أصغر قيمة مولية إلى أعداد صحيحة. وفي مثل هذه الحالات يجب ضرب كل قيمة مولية في أصغر رقم يجعلها عدداً صحيحاً، كما في المثال 11-5.

✓ **ماذا قرأت؟** عدد الخطوات المطلوبة لحساب الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي.

الصيغة الأولية من التركيب النسبي المئوي حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من 48.64 % كربون، و 8.16 % هيدروجين، و 43.20 % أكسجين.

### 1 تحليل المسألة

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

#### المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

#### المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 48.64 %

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 8.16 %

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 43.20 %

### 2 حساب المطلوب

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

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

احسب مولات الكربون بالتعويض عن قيمة كتلة الكربون مضروبة

في مقلوب الكتلة المولية

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

احسب مولات الهيدروجين بالتعويض عن قيمة كتلة الهيدروجين

مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

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

احسب مولات الأكسجين بالتعويض عن قيمة كتلة الأكسجين

مضروبة في مقلوب الكتلة المولية

إذن، فالنسب المولية للمركب هي: (4.05 mol C) : (8.10 mol H) : (2.70 mol O)، ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.700).

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

اقسم مولات C على 2.700

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

اقسم مولات H على 2.700

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

اقسم مولات O على 2.700

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

$$2 \times 1.5 \text{ mol C} = 3 \text{ mol C}$$

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 3 \text{ mol H} = 6 \text{ mol H}$$

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح.

$$2 \times 1 \text{ mol O} = 2 \text{ mol O}$$

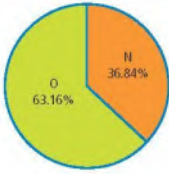
اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 C) : (6 H) : (2 O). وهكذا فإن الصيغة الأولية للمركب هي  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ .

### 3 تقويم الإجابة

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

## مسائل تدريبية



58. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور التركيب النسبي المئوي لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟

59. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و 64.02% كبريت.

60. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و 18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟

61. تحفيز الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و 4.44% هيدروجين، و 35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

## الصيغة الجزيئية Molecular Formula

قد تدهش إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تماماً قد يكون لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية نفسها! كيف يكون ذلك؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائماً العدد الفعلي لذراته. ويلجأ العلماء إلى ما يعرف بالصيغة الجزيئية لتحديد أي مركب، وهذه الصيغة تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة، وبين الشكل 14-5 أحد استخدامات غاز الأستيلين المهمة في الصناعة. فغاز الأستيلين ووسائل البنزين مثلاً لها التركيب النسبي المئوي والصيغة الأولية (CH) نفسها، ولكنهما يختلفان تماماً في الخواص.

الشكل 14-5 يستخدم غاز الأستيلين في لحام المعادن بسبب درجة الحرارة العالية التي تصاحب احتراقه في وجود الأكسجين.



ولتحديد الصيغة الجزيئية لمركب يجب تحديد الكتلة المولية للمركب من خلال التجارب العملية، ومقارنتها بالكتلة المولية للصيغة الأولية. فالكتلة المولية للأستيلين مثلاً هي 26.04 g/mol، وكتلة صيغته الأولية (CH) هي 13.02 g/mol. إن قسمة الكتلة المولية الفعلية على كتلة الصيغة الأولية تبين أن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية.

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

ولأن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية فإن الصيغة الجزيئية له يجب أن تحتوي على ضعف عدد ذرات الكربون والهيدروجين الموجودة في الصيغة الأولية. وكذلك عند مقارنة الكتلة المولية المحددة تجريبياً للبنزين (78.12 g/mol) بكتلة الصيغة الأولية ستجد أن الكتلة المولية تساوي ستة أضعاف كتلة الصيغة الأولية.

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

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

هي  $C_2H_2$  وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي  $C_6H_6$ .

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

الصيغة الجزيئية = ن (الصيغة الأولية)

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

يبين الشكل 15-5 خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءاً بالتركيب النسبي المئوي أو بيانات الكتلة.

الشكل 15-5 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.

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



تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض ثنائي الكربوكسيل مثل حمض السكسينيك (بيوتان دايبوك) إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و 5.08% هيدروجين، و 54.24% أكسجين، وله كتلة مولية  $118.1 \text{ g/mol}$ . حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت التركيب النسبي المولي لحمض السكسينيك. افترض أن كل نسبة مئوية كتلية تمثل كتلة العنصر بـ  $100 \text{ g}$  من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة ( $118.1 \text{ g/mol}$ ) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح  $n$ .

#### المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلة المولية =  $118.1 \text{ g/mol}$  حمض السكسينيك

#### المطلوب

الصيغة الأولية = ؟

الصيغة الجزيئية = ؟

### 2 حساب المطلوب

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

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

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

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

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

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

نسبة المولات في حمض السكسينيك هي  $(3.387 \text{ mol C}) : (5.04 \text{ mol H}) : (3.39 \text{ mol O})$ . احسب أبسط نسبة لمولات العناصر بقسمة مولات كل عنصر على أصغر قيمة في النسبة المولية المحسوبة.

$$\frac{3.387 \text{ mol C}}{3.387} = 1 \text{ mol C}$$

اقسم مولات C على 3.387

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

اقسم مولات H على 3.387

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

اقسم مولات O على 3.387

أبسط نسبة مولية هي  $1 : 1.5 : 2$  اضرب جميع القيم المولية في 2 للحصول على أعداد صحيحة.

$$2 \times 1 \text{ mol C} = 2 \text{ mol C}$$

اضرب مولات C في 2.

$$2 \times 1.5 \text{ mol H} = 3 \text{ mol H}$$

اضرب مولات H في 2.

$$2 \times 1 \text{ mol O} = 2 \text{ mol O}$$

اضرب مولات O في 2.

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي  $2 : 3 : 2$ ، إذن الصيغة الأولية هي  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ .

احسب كتلة الصيغة الأولية باستعمال الكتلة المولية لكل عنصر.

$$2 \text{ mole C} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mole C}} = 24.02 \text{ g C}$$

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته.

$$1 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 3.024 \text{ g H}$$

اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته.

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

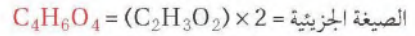
اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

$$\text{اجمع كتل العناصر.} \quad \text{الكتلة المولية لـ } \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2 = 32.0 \text{ g} + 3.024 \text{ g} + 24.02 \text{ g} = 59.04 \text{ g/mol}$$

لتحديد قيمة n اقسم الكتلة المولية لحمض السكسينيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$n = \frac{\text{الكتلة المولية لحمض السكسينيك}}{\text{الكتلة المولية لـ } \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2} = \frac{118.1 \text{ g/mol}}{59.04 \text{ g/mol}} = 2.000$$

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



### 3 تقويم الإجابة

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

## مثال 13-5

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يُعدّ معدن الإنليت أحد الخامات الرئيسة لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحتوي 5.41 g من الحديد، و 4.64 g من التيتانيوم، و 4.65 g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية لهذا المعدن.

### 1 تحليل المسألة

لديك كتل العناصر الآتية في كتلة معينة من المعدن، والمطلوب حساب الصيغة الأولية له. لذا حوّل العناصر كلها إلى مولات، ثم أوجد أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

#### المعطيات

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

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

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

### 2 حساب المطلوب

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

$$5.41 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol Fe}}{55.85 \text{ g Fe}} = 0.0969 \text{ mol Fe}$$

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

$$4.64 \text{ g Ti} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{47.88 \text{ g Ti}} = 0.0969 \text{ mol Ti}$$

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

$$4.65 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 0.291 \text{ mol O}$$

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

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

أبسط نسبة مولية هي (1 mol Fe) : (1 mol Ti) : (3 mol O). ولأن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن الصيغة الأولية للإنليت هي  $\text{FeTiO}_3$ .

### 3 تقويم الإجابة

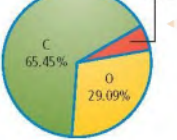
كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا. ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساوياً لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريباً لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم.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

#### مسائل تدريبية

62. وجد أن مركباً يحتوي على  $49.98 \text{ g C}$  و  $10.47 \text{ g H}$ . فإذا كانت الكتلة المولية للمركب  $58.12 \text{ g/mol}$ ، فما صيغته الجزيئية؟

63. سائل عديم اللون يتكون من  $46.68\%$  نيتروجين و  $53.32\%$  أكسجين، وكتلته المولية  $60.01 \text{ g/mol}$ ، فما صيغته الجزيئية؟

64. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج  $19.55 \text{ g K}$  و  $4.00 \text{ g O}$ ، فما الصيغة الأولية للأكسيد؟



65. تحفيز عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظهر الأفلام الفوتوجرافية تم التوصل إلى بيانات التركيب النسبي المئوي الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية للمركب  $110.0 \text{ g/mol}$ ، فما الصيغة الجزيئية له؟

66. تحفيز عند تحليل مسكّن الآلام المعروف (المورفين) تم التوصل إلى البيانات المبينة في الجدول أدناه. فما الصيغة الأولية للمورفين؟

العنصر	كربون	هيدروجين	أكسجين	نيتروجين
الكتلة (g)	17.900	1.680	4.225	1.228

### التقويم 5-4

#### الخلاصة

67. **الفقرة الرئيسية** قوّم إذا أخبرك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابه صحيحة؟ فسّر ذلك.

68. احسب نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين،  $174.86 \text{ g Fe}$  و  $75.14 \text{ g O}$ ، فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

69. احسب يحتوي أكسيد الألومنيوم على  $0.545 \text{ g Al}$  و  $0.485 \text{ g O}$ ، ما الصيغة الأولية للأكسيد؟

70. وضح كيف ترتبط بيانات التركيب النسبي المئوي لمركب بكتل العناصر في ذلك المركب؟

71. وضح كيف تجد النسبة المولية في مركب كيميائي؟

72. طبق الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية، فكيف ترتبط صيغته الجزيئية بصيغته الأولية؟

73. حلل الهيماتيت ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) والماجنتيت ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) خامان يستخرج منهما الحديد. فأيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل كيلو جرام؟

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

## الأهداف

• توضيح المقصود بالملح المائي وتربط اسمه بتركيبه.

• تحدد صيغة ملح مائي من البيانات المختبرية.

## مراجعة المفردات

الشبكة البلورية، الترتيب الهندسي الثلاثي الأبعاد للجسيمات.

## المفردات الجديدة

الملح المائي

# صيغ الأملاح المائية

## Formulas of Hydrates

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

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

## تسمية الأملاح المائية Naming Hydrates

هل راقبت يوماً بلورات تتكون ببطء من محلول مائي؟ تنتصق جزيئات الماء أحياناً بالأيونات خلال تكون المادة الصلبة. وتسمى جزيئات الماء التي تصبح جزءاً من البلورة ماء التبلور. وتسمى المواد الأيونية الصلبة التي تحتجز فيها جزيئات ماء أملاحاً مائية. فالملح المائي مركب يحتوي على عدد معين من جزيئات الماء المرتبطة بذراته. ويبين الشكل 16-5 الحجر الكريم الجميل المعروف بالأوبال، وهو ثاني أكسيد السليكون المائي ( $\text{SiO}_2$ ) الذي يحتوي على ماء. والألوان الفريدة ناتجة عن وجود الماء في المعدن.

يكتب في صيغة الملح المائي عدد جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة للمركب تالياً لنقطة، مثل  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . ويُسمى هذا المركب كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء (أي يحتوي على 6 جزيئات ماء). وتدخل كتلة جزيئات الماء المرتبطة بوحدة الصيغة في حساب الكتلة المولية. ويختلف عدد جزيئات ماء التبلور من ملح إلى آخر، ويبين الجدول 1-5 بعض الأملاح المائية الشائعة.

## الجدول 1-5 صيغ الأملاح المائية

المقطع	عدد جزيئات الماء	الصيغة	الاسم
أحادي	1	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	إسالات الأمونيوم أحادية الماء.
ثنائي	2	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	كلوريد الكالسيوم ثنائي الماء.
ثلاثي	3	$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	أسيتات الصوديوم ثلاثية الماء.
رباعي	4	$\text{FePO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	فوسفات الحديد (III) رباعي الماء.
خماسي	5	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء.
سداسي	6	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء.
سباعي	7	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	كبريتات الماغنسيوم سباعية الماء.
ثماني	8	$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	هيدروكسيد الباريوم ثماني الماء.
عشاري	10	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	كربونات الصوديوم عشارية الماء.

الشكل 16-5 إن وجود الماء وشوائب المعادن المختلفة يفسران التنوع الكبير لأحجار الأوبال الكريمة. وتحدث تغيرات أخرى في اللون عندما يجف.





كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق

يمكن تسخين الملح المائي لطرد ماء التبلور

كلوريد الكوبلت (II) سداسي الماء الزهري

الشكل 17-5 يمكن إزالة ماء التبلور بتسخين الملح المائي، لتكوين ملح لا مائي قد يبدو مختلفاً جداً عن الملح المائي.

## تحليل الأملاح المائية Analyzing a Hydrates

عند تسخين ملح مائي، تُطرد جزيئات الماء تاركة وراءها الملح اللامائي. انظر الشكل 17-5؛ حيث توضح سلسلة الصور أنه عند تسخين كلوريد الكوبلت (II) السداسي الماء الزهري اللون، ينتج كلوريد الكوبلت (II) اللامائي الأزرق اللون.

كيف يمكنك تحديد صيغة ملح مائي؟ يجب أن تحسب عدد مولات الماء المرتبطة بمول واحد من الملح المائي. افترض أن لديك عينة مكونة من 5.00 g من كلوريد الباريوم المائي، ولأنك تعرف أن صيغة الملح هي  $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ، فإنه يجب أن تحدد قيمة  $x$ ، وهي معامل  $\text{H}_2\text{O}$  في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات جزيئات الماء المرتبطة بمول واحد من  $\text{BaCl}_2$ . وحتى تحدد قيمة  $x$ ، يجب أن تسخن العينة لتتخلص من ماء التبلور. وافترض أنك بعد تسخينها وجدت أن كتلة الملح اللامائي  $\text{BaCl}_2$  هي 4.26 g.

إذن كتلة ماء التبلور تساوي الفرق بين كتلة الملح المائي (5.00 g) وكتلة الملح اللامائي (4.26 g).  
 $5.00 \text{ g} - 4.26 \text{ g} = 0.74 \text{ g H}_2\text{O}$

وبعد أن عرفت كتلة كل من  $\text{BaCl}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  في العينة، يمكنك تحويل هذه الكتل إلى مولات باستعمال الكتل المولية. الكتلة المولية لـ  $\text{BaCl}_2$  هي 208.23 g/mol، وللماء 18.02 g/mol.

$$4.26 \text{ g BaCl}_2 \times \frac{1 \text{ mol BaCl}_2}{208.23 \text{ g BaCl}_2} = 0.0205 \text{ mol BaCl}_2$$

$$0.74 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.041 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$x = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol BaCl}_2} = \frac{0.041 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.0205 \text{ mol BaCl}_2} = \frac{2.0 \text{ mol H}_2\text{O}}{1.00 \text{ mol BaCl}_2} = 2$$

إذن نسبة مولات  $\text{H}_2\text{O}$  إلى مولات  $\text{BaCl}_2$  هي 2 إلى 1، لذا فإن 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$  ترتبط بـ 1 mol  $\text{BaCl}_2$ .

أي أن قيمة المعامل  $x$  هي 2، وصيغة الملح المائي هي  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . ما اسم هذا الملح؟

✓ ماذا قرأت؟ هُتمر لماذا تستعمل النقطة في صيغة الملح المائي؟

تحديد صيغة الملح المائي وضعت عينة من كبريتات النحاس المائية الزرقاء  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  كتلتها 2.50 g في جفنة وسُخِّنت، وبقي بعد التسخين 1.59 g من كبريتات النحاس اللامائية البيضاء  $\text{CuSO}_4$ . ما صيغة الملح المائي؟ وما اسمه؟

### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة كبريتات النحاس المائية، وكبريتات النحاس اللامائية. كما أنك تعرف صيغة المركب ما عدا قيمة  $x$ ، وهي معامل  $\text{H}_2\text{O}$  في صيغة الملح المائي، والتي تشير إلى عدد مولات ماء التبلور.

#### المعطيات

كتلة الملح المائي $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	$2.50 \text{ g}$
كتلة الملح اللامائي $\text{CuSO}_4$	$1.59 \text{ g}$
الكتلة المولية لـ $\text{H}_2\text{O}$	$18.02 \text{ g/mol}$
الكتلة المولية لـ $\text{CuSO}_4$	$159.6 \text{ g/mol}$

#### المطلوب

صيغة الملح المائي = ؟

اسم الملح المائي = ؟

### 2 حساب المطلوب

حدد كتلة الماء المفقود

كتلة الماء المفقود = كتلة الملح المائي - كتلة الملح اللامائي

$$2.50 \text{ g} - 1.59 \text{ g} = 0.91 \text{ g}$$

اطرح كتلة الملح اللامائي  $\text{CuSO}_4$  من كتلة الملح المائي  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

حوّل الكتلة المعروفة للماء والملح المائي إلى مولات مستعملاً معامل التحويل الذي يربط المولات بالكتلة - مقلوب الكتلة المولية.

$$1.59 \text{ g CuSO}_4 \times \frac{1 \text{ mol CuSO}_4}{159.6 \text{ g CuSO}_4} = 0.00996 \text{ mol CuSO}_4$$

احسب عدد مولات  $\text{CuSO}_4$  بالتعويض بقيمة

كتلة  $\text{CuSO}_4$  مضروباً في مقلوب الكتلة المولية.

$$0.91 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g H}_2\text{O}} = 0.05 \text{ mol H}_2\text{O}$$

احسب عدد مولات  $\text{H}_2\text{O}$  بالتعويض بقيمة

كتلة  $\text{H}_2\text{O}$  مضروباً في مقلوب الكتلة المولية.

$$x = \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol CuSO}_4}$$

$$x = \frac{0.050 \text{ mol H}_2\text{O}}{0.00996 \text{ mol CuSO}_4} \approx \frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CuSO}_4} = 5$$

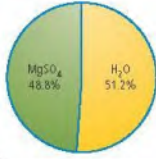
احسب أبسط نسبة عددية بالتعويض بعدد

مولات  $\text{H}_2\text{O}$ ، وعدد مولات  $\text{CuSO}_4$ .

إذن، فصيغة الملح المائي هي  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، واسمه كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء.

### 3 تقويم الإجابة

كبريتات النحاس (II) الخماسية الماء، ملح شائع، ومدون في الجدول 1-5.



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

75. تحفيز سخنت عينة كتلتها 11.75 g من ملح مائي شائع لكلوريد الكوبلت II. وبقي بعد

التسخين 0.0712 mol من كلوريد الكوبلت اللامائي. ما صيغة هذا الملح المائي؟ وما اسمه؟

## استعمالات الأملاح المائية Uses of Hydrates



الشكل 18-5 يجفف كلوريد الكالسيوم الهواء من جزيئات الماء، كما يستعمل في المختبر في حفظ المواد الكيميائية من رطوبة الجو.

للأملاح المائية استعمالات مهمة في مختبر الكيمياء. فكلوريد الكالسيوم يكون ثلاثة أملاح مائية: أحادي الماء، وثنائي الماء، وسداسي الماء. ويوضع كلوريد الكالسيوم اللامائي في قعر أوعية محكمة الإغلاق تُسمى المجففات، كما في الشكل 18-5؛ حيث يقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء في داخل المجفف، ويصنع جواً جافاً مناسباً لحفظ المواد. وتضاف كبريتات الكالسيوم أحياناً إلى المذيبات العضوية كالإيثانول والإيثيل إثير للحفاظ عليها خالية من الماء.

إن قدرة الملح اللامائي على امتصاص الماء له أيضاً بعض التطبيقات التجارية. فالمعدات الإلكترونية والبصرية، وبخاصة تلك التي تُشحن عبر البحار، غالباً ما تُعبأ مع أكياس من المجففات التي تمنع تأثير الرطوبة في الدوائر الإلكترونية الدقيقة. وتستعمل بعض الأملاح المائية مثل كبريتات الصوديوم المائية (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10 H<sub>2</sub>O) لخن الطاقة الشمسية. فعندما تُسخن الشمس الملح المائي إلى أكثر من 32°C تذوب Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في مولات ماء التبلور العشرة، وخلال ذلك يمتص الملح المائي الطاقة، وهذه الطاقة تنطلق عندما تنخفض درجة الحرارة ويتبلور الملح المائي ثانية.

hü l u l . o n l i n e

## التقويم 5-5

### الخلاصة

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

76. الفكرة الرئيسية وضح تركيب الملح المائي.

77. سمِّ المركب الذي صيغته SrCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O.

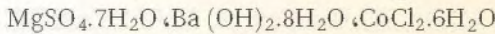
78. صف الخطوات العملية لتحديد صيغة الملح المائي معللاً كل خطوة.

79. طبق يحتوي ملح مائي على 0.050 mol من الماء لكل 0.00998 mol

من المركب الأيوني. اكتب صيغة عامة للملح المائي.

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

81. رتب الأملاح المائية الآتية تصاعدياً بحسب تزايد النسبة المئوية للماء فيها:



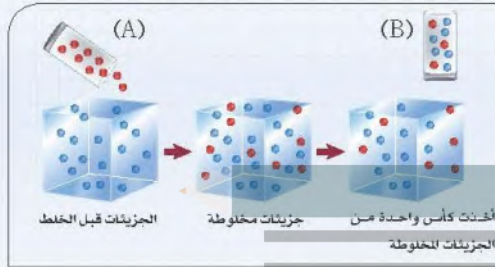
82. طبق فسر كيف يمكن استعمال الملح المائي في الشكل 17-5 بوصفه

طريقة تقريبية لتحديد احتمال سقوط المطر؟

# الكيمياء والحياة

## التاريخ في كأس ماء

هل تتذكر آخر كأس ماء تناولته؟ قد يبدو غير قابل للتصديق أن نقول إن تلك الكأس تحتوي على جزيئات ماء قد تناولها من قبل المتنبي مثلاً، أو أينشتاين، أو نيوتن...! كيف يمكن لكأسين من الماء في زمنين مختلفين أن تحوي بعض الجزيئات نفسها؟ يروي لنا القصة عدد أفوجادرو والحسابات المولية.



الشكل 1: جزيئات الماء من الكأس (A) (الحمراء) تصب في حاوية تتسع لكل جزيئات الماء على الأرض (الزرقاء). والكأس (B) المأخوذة من الوعاء تحتوي على عدد صغير من جزيئات الماء التي كانت في الكأس الأولي.

**الحاوية العملاقة** افترض أن الماء كله الذي على الأرض تُخزن في حاوية واحدة مكعبة الشكل، فإنها ستكون حاوية عملاقة طول ضلعها 1.100 Km. وتخيل أنك ملأت كأس ماء من هذه الحاوية، ثم أعدته إليها، وانتظرت ليختلط الماء تماماً، ثم ملأت الكأس مرة أخرى، فهل ستكون جزيئات الماء في الكأس الأولى موجودة في الكأس الثانية؟

كما هو موضح في الشكل 1، من المرجح أن تشترك الكأسان في عدد من جزيئات الماء. لماذا؟ لأن عدد جزيئات الماء في الكأس أكثر ألف مرة من عدد الكؤوس في الحاوية. وبهذا المعدل فإن الكأس الثانية ستحتوي على 1000 جزيء ماء تقريباً كانت في الكأس الأولى.

**قوة الأرقام الكبيرة** فكر في كمية الماء التي مرت في جسم المتنبي أو أينشتاين أو نيوتن، خلال حياتهم - وهي أكبر كثيراً من كأس واحدة - فمفترضاً أن جزيئات الماء اختلطت بالتساوي في حجم الماء كاملاً على الأرض. يمكنك أن تستوعب لماذا يجب أن تحتوي كأس الماء على بعض هذه الجزيئات.

هل تتذكر آخر كأس ماء تناولته؟ قد يبدو غير قابل للتصديق أن نقول إن تلك الكأس تحتوي على جزيئات ماء قد تناولها من قبل المتنبي مثلاً، أو أينشتاين، أو نيوتن...! كيف يمكن لكأسين من الماء في زمنين مختلفين أن تحوي بعض الجزيئات نفسها؟ يروي لنا القصة عدد أفوجادرو والحسابات المولية.

**المحيطات والمولات** الكتلة الكلية للماء في المحيطات وغيرها تقارب  $1.4 \times 10^{24}$  g. أما الكأس فتحتوي على 230 g من الماء. وباستخدام هذه البيانات يمكنك حساب العدد الكلي لكؤوس الماء المتوافرة للشرب على الأرض، والعدد الكلي لجزيئات الماء في هذه الكؤوس.

من المعروف أن كتلة مول واحد من الماء تساوي 18 g، وباستخدام تحليل الوحدات يمكنك تحويل جرامات الماء في الكأس إلى مولات.

$$\frac{230 \text{ g H}_2\text{O}}{\text{كأس}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 13 \text{ mol H}_2\text{O} \text{ لكل كأس}$$

ثم تحويل هذه المولات إلى جزيئات باستخدام عدد أفوجادرو.

$$\frac{13 \text{ mol H}_2\text{O}}{\text{كأس}} \times \frac{6 \times 10^{23} \text{ جزيء ماء}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 8 \times 10^{24} \text{ جزيء ماء لكل كأس}$$

كما يمكنك حساب عدد كؤوس الماء المتوافرة للشرب على النحو الآتي:

$$1.4 \times 10^{24} \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ كأس ماء}}{230 \text{ g H}_2\text{O}} = 6 \times 10^{21} \text{ كأس ماء}$$

إذن يوجد  $8 \times 10^{24}$  جزيء ماء في كأس واحدة من الماء،

## الكتابة في الكيمياء

قدّر يمكن استخدام طريقة التقدير المتبعة في هذه المقالة في إجراء أنواع أخرى من الحسابات. لذا استخدم هذه الطريقة لتقدير الكتلة الكلية للطلاب في مدرستك.

# مختبر الكيمياء

## تحديد صيغة الأملاح المائية



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

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

### المواد والأدوات اللازمة

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

### إجراءات السلامة

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

### خطوات العمل

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

10. قس كتلة البوتقة والغطاء وكبريتات الماغنسيوم.

11. دوّن ملاحظاتك حول ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي.

12. التنظيف والتخلص من النفايات تخلص من ملح كبريتات الماغنسيوم اللامائي كما يطلب إليك معلمك، ثم أعد أدوات المختبر جميعها إلى أماكنها المناسبة، ونظف مكان العمل جيداً.

### حل واستنتج

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

### التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة لاختبار ما إذا كان مركباً مائياً (يحتوي على ماء تبلور) أو لامائياً.

**الفكرة العامة** المول يمثل عددًا كبيرًا من الجسيمات المنتهية في الصغر، ويستعمل في حساب كميات المواد.

### 1-5 قياس المادة

#### الفكرة الرئيسية

يستعمل الكيميائيون المول لعدّ الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية.

#### المفردات

- المول
- عدد أفوجادرو

#### المفاهيم الرئيسية

- المول وحدة تستخدم لعدّ جسيمات المادة بشكل غير مباشر. المول الواحد من المادة النقية يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات.
- الجسيمات الممثلة تشمل الذرات، والأيونات، والجزيئات، ووحدات الصيغ الكيميائية، والإلكترونات، وجسيمات أخرى مشابهة.
- المول الواحد من ذرات  $C=12$  له كتلة مقدارها 12 g تمامًا.
- يمكن استخدام عوامل التحويل المكتوبة من علاقة عدد أفوجادرو للتحويل بين المولات وعدد الجسيمات.

### 2-5 الكتلة والمول

#### الفكرة الرئيسية

يحتوي المول على العدد نفسه من الجسيمات دائمًا، غير أن مولات المواد المختلفة لها كتل مختلفة.

#### المفردات

- الكتلة المولية

#### المفاهيم الرئيسية

- تسمى كتلة المول الواحد بالجرامات من أي مادة نقية الكتلة المولية.
- الكتلة المولية لأي عنصر تساوي عددًا كتلته الذرية.
- الكتلة المولية لأي مادة هي كتلة عدد أفوجادرو من الجسيمات لهذه المادة.
- تستعمل الكتلة المولية للتحويل من المولات إلى الكتلة، ويستعمل مقلوب الكتلة المولية للتحويل من الكتلة إلى المولات.

### 3-5 مولات المركبات

#### الفكرة الرئيسية

يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال هذه الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات للمركب نفسه.

#### المفاهيم الرئيسية

- تدل الأرقام في الصيغ الكيميائية على عدد مولات كل عنصر في مول واحد من المركب.
- تحسب الكتلة المولية للمركب بحساب الكتل المولية لجميع العناصر في المركب.
- عوامل التحويل المبينة على الكتلة المولية للمركب تستعمل للتحويل بين مولات المركب وكتلته.

## 4-5 الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

### المفاهيم الرئيسية

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

### التمرين > الصيغة الجزيئية لمركب

ما هي مضاعف عددي صحيح لصيغته الأولية.

### المفردات

- التركيب النسبي المئوي
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

## 5-5 صيغ الأملاح المائية

### المفاهيم الرئيسية

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

### التمرين > الأملاح المائية مركبات

أيونية صلبة فيها جزيئات ماء محتجزة.

### المفردات

- الملح المائي

## 5-1

### إتقان المفاهيم

91. إذا استطعت عدّ ذرتين في كل ثانية، فكم سنة تحتاج  
لعد مول واحد من الذرات؟

## 5-2

### إتقان المفاهيم

92. وضح الفرق بين الكتلة الذرية والكتلة المولية.  
93. أيها يحوي ذرات أكثر: مول واحد من الفضة، أم مول  
واحد من الذهب؟ فسر إجابتك.

94. أيها أكبر كتلة: مول واحد من الصوديوم أم مول  
واحد من البوتاسيوم؟ فسر إجابتك.

95. وضح كيف تحول عدد ذرات عنصر إلى كتلة؟  
96. ناقش العلاقات بين المول، والكتلة المولية، وعدد  
أفوجادرو.

### إتقان حل المسائل

97. احسب كتلة كل مما يأتي:

- a.  $5.122 \text{ mol He}$   
b.  $2.22 \text{ mol Ti}$   
c.  $0.0455 \text{ mol Ni}$

98. أجر التحوييلات الآتية:

- a.  $3.5 \text{ mol Li}$  إلى جرامات.  
b.  $7.65 \text{ g Co}$  إلى مولات.  
c.  $5.65 \text{ g Kr}$  إلى مولات.

99. ما كتلة العنصر بالجرامات في كل مما يأتي؟

- a.  $1.33 \times 10^{22} \text{ mol Sb}$   
b.  $4.75 \times 10^{14} \text{ mol Pt}$   
c.  $1.22 \times 10^{23} \text{ mol Ag}$   
d.  $9.85 \times 10^{24} \text{ mol Cr}$

83. ما القيمة العددية لعدد أفوجادرو؟

84. كم ذرة في مول واحد من البوتاسيوم؟

85. ما أهمية وحدة المول للكيميائي؟

86. وضح كيف يستخدم عدد أفوجادرو عامل تحويل؟

### إتقان حل المسائل

87. احسب عدد الجسيمات في كل من:

- a.  $0.25 \text{ mol Ag}$   
b.  $8.56 \times 10^{-3} \text{ mol NaCl}$   
c.  $35.3 \text{ mol CO}_2$   
d.  $0.425 \text{ mol N}_2$

88. ما عدد الجزيئات في كل من المركبات الآتية؟

- a.  $1.35 \text{ mol CS}_2$   
b.  $0.254 \text{ mol As}_2\text{O}_3$   
c.  $1.25 \text{ mol H}_2\text{O}$   
d.  $150.0 \text{ mol HCl}$

89. احسب عدد المولات في كل مما يأتي:

- a.  $3.25 \times 10^{20}$  ذرة من الرصاص.  
b.  $4.96 \times 10^{24}$  جزيء من الجلوكوز.

90. أجر التحوييلات الآتية:

- a.  $1.51 \times 10^{15}$  ذرة من Si إلى مولات.  
b.  $4.25 \times 10^{-2} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  إلى جزيئات.  
c.  $8.95 \times 10^{25}$  جزيء من  $\text{CCl}_4$  إلى مولات.  
d.  $5.90 \text{ mol Ca}$  إلى ذرات.

100. أكمل الجدول 2-5:

الجدول 2-5 بيانات الكتلة، والمول، والذرات		
الذرات	المولات	الكتلة
	3.65 mol Mg	
		29.54 g Cr
$3.54 \times 10^{25}$ ذرة من P		
	0.568 mol As	

108. ما عدد مولات كل من الصوديوم والفوسفور

والأكسجين في صيغة فوسفات الصوديوم  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ؟

109. لماذا يمكن استعمال الكتلة المولية عامل تحويل؟

110. اكتب ثلاثة عوامل تحويل تستعمل في التحويلات المولية.

111. أي المركبات الآتية يحتوي على العدد الأكبر من

مولات الكربون لكل مول من المركب: حمض

الأسكوربيك  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ، أم الجلوسرين  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ،

أم الفثالين  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$ ؟ فسر إجابتك.

101. حول عدد الذرات فيما يأتي إلى جرامات:

a.  $8.65 \times 10^{25}$  ذرة من H.

b.  $1.25 \times 10^{22}$  ذرة من O.

## إتقان حل المسائل

112. كم مولاً من الأكسجين في كل مركب مما يأتي؟

a.  $2.5 \text{ mol KMnO}_4$

b.  $45.9 \text{ mol CO}_2$

c.  $1.25 \times 10^2 \text{ mol}$  من  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

113. كم جزيء  $\text{CCl}_4$ ، وكم ذرة C، وكم ذرة Cl، في

$3 \text{ mol CCl}_4$ ؟ وما عدد الذرات الكلي؟

114. احسب الكتلة المولية لكل مركب مما يأتي:

a. حمض النيتريك  $\text{HNO}_3$ .

b. أكسيد الزنك  $\text{ZnO}$ .

115. كم مولاً في g 100 من  $\text{CH}_3\text{OH}$ ؟

116. ما كتلة  $1.25 \times 10^2 \text{ mol}$  من  $\text{Ca(OH)}_2$ ؟

117. الحفر على الزجاج يستعمل حمض الهيدروفلوريك HF

للحفر على الزجاج. ما كتلة  $4.95 \times 10^{25}$  جزيء

من HF؟

118. احسب عدد الجزيئات في g 47.0 من  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

119. كم مولاً من الحديد يمكن استخراجه من

100.0 kg من الماجنتيت  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ؟

102. احسب عدد الذرات في كل عنصر مما يأتي:

a.  $0.034 \text{ g Zn}$

b.  $0.124 \text{ g Mg}$

103. رتب تصاعدياً بحسب عدد المولات:

$3.00 \times 10^{24}$  ذرة من Ar، Ne،  $4.25 \text{ mol}$

$2.69 \times 10^{24}$  ذرة من Xe، Kr،  $65.96 \text{ g}$

104. أيهما يحتوي ذرات أكثر: 10.0 g C، أم 10.0 g Ca؟

وكم ذرة يحتوي كل عنصر منهما؟

105. أيهما يحتوي على أكبر عدد من الذرات 10.0 mol C

أم 10.0 mol Ca؟

106. خليط مكون من 0.250 mol Fe و 1.20 mol C،

ما عدد الذرات الكلي في هذا الخليط؟

## 3-5

### إتقان المفاهيم

107. ما المعلومات التي يمكنك الحصول عليها من صيغة

كرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ؟

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

## 5-5

### إتقان المفاهيم

132. ما الملح المائي؟ وضح إجابتك بمثال.

133. وضح كيف تسمى الأملاح المائية؟

134. المجففات لماذا توضع المجففات مع الأجهزة  
الإلكترونية في صناديق حفظها؟

135. اكتب صيغة كل ملح من الأملاح المائية الآتية:

a. كلوريد النيكل (II) سداسي الماء.

b. كربونات الماغنسيوم خماسية الماء.

### إتقان حل المسائل

136. يحتوي الجدول 3-5 على بيانات تجريبية لتحديد

صيغة كلوريد الباريوم المائي. أكمل الجدول وحدد

صيغته واسمه.

الجدول 3-5 بيانات $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	
21.30 g	كتلة البوتقة الفارغة
31.35 g	كتلة الملح المائي + البوتقة
	كتلة الملح المائي
29.87 g	كتلة الملح + البوتقة بعد التسخين مدة 5 دقائق
	كتلة الملح اللاصقي

137. تكون نترات الكروم (III) ملحًا مائيًا يحتوي على

40.50% من كتلته ماء. ما الصيغة الكيميائية للمركب؟

138. حدّد التركيب النسبي المئوي لـ  $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ،

ومثّل التركيب النسبي برسم بياني دائري.

139. سخنت عينة كتلتها 1.628 g من ملح يوديد

الماغنسيوم المائي حتى تبخر الماء منها تمامًا، فأصبحت

كتلتها 1.072 g بعد التسخين. ما صيغة الملح المائي؟

120. الطبخ يحتوي الخل المستعمل في الطبخ على 5% من

حمض الخل  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . فكم جزيئًا من الحمض

يوجد في 25.0 g من الخل؟

121. احسب عدد ذرات الأكسجين في 25.0 g من  $\text{CO}_2$ .

## 5-4

### إتقان المفاهيم

122. ما المقصود بالتركيب النسبي المئوي؟

123. ما المعلومات التي يجب أن يحصل عليها الكيميائي

لتحديد الصيغة الأولية لمركب ما؟

124. ما المعلومات التي يجب توافرها للكيميائي لتحديد

الصيغة الجزيئية لمركب؟

125. ما الفرق بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية؟ أعط

أمثلة على ذلك.

126. متى تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها؟

127. هل كل العينات النقية لمركب معين لها التركيب

النسبي المئوي نفسه؟ فسر إجابتك.

### إتقان حل المسائل

128. الحديد هناك ثلاثة مركبات طبيعية للحديد، هي:

البابرث  $\text{FeS}_2$ ، والهباتيت  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ، والسيدرايت

$\text{FeCO}_3$ . أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟

129. احسب التركيب النسبي المئوي لكل مركب مما يأتي:

a. السكروز  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

b. الماجنتيت  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

130. حدد الصيغة الأولية لكل مركب مما يأتي:

a. الإيثلين  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

b. حمض الأسكوربيك  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ .

c. النفتالين  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ .

مراجعة عامة

140. إذا كانت كتلة ذرة واحدة من عنصر ما تساوي  $6.66 \times 10^{-23} \text{ g}$ ، فما العنصر؟

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

142. أي المركبات الآتية يحتوي على أعلى نسبة مئوية بالكتلة من الأكسجين؟  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

التفكير الناقد

143. طبق المفاهيم لدى شركة تعدين مصدران محتملان لاستخراج النحاس: جالكوبايريت ( $\text{CuFeS}_2$ )، وجالكوسيت ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). فإذا كانت ظروف استخراج النحاس من الخامين متشابهة تمامًا، فأيهما ينتج عنه كمية أكبر من النحاس؟ فسر إجابتك.

144. صمم تجربة يمكن استعمالها لتحديد كمية الماء في مركب الشب البوتاسي  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

مسألة تحفيز

145. مركبان كيميائيان يتكونان من العنصرين X و Y وصيغتهما  $\text{XY}$ ,  $\text{X}_2\text{Y}_3$ . إذا علمت أن كتلة 0.25 mol من المركب XY تساوي 17.96 g، و 0.25 mol من المركب  $\text{X}_2\text{Y}_3$  تساوي 39.92 g.

a. فما الكتلة الذرية لكل من X و Y؟

b. اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبين.

مراجعة تراكمية

146. اكتب معادلات كيميائية موزونة لكل تفاعل مما يأتي:

a. تفاعل فلز الماغنسيوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الماغنسيوم الصلب وغاز الهيدروجين.

b. تفكك غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين.

c. تفاعل الإحلال المزدوج بين المحاليل المائية لكل من حمض الكبريتيك وهيدروكسيد البوتاسيوم.

تقويم إضافي

الكتابة 2 الكيمياء

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

أسئلة المستندات

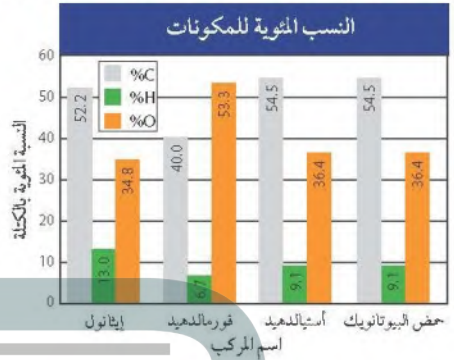
148. يشتمل الجدول 4-5 على بيانات عن وقود مكوك فضاء؛ إذ لا بد من توافر 3,164,445 L من الأكسجين، والهيدروجين، وأحادي ميثيل الهيدرازين (الكتلة المولية = 46.07 g/mol)، ورابع أكسيد ثنائي النيتروجين (الكتلة المولية = 92.00 g/mol)، في خزانات الوقود لحظة الإقلاع. كتلتها الكلية (727,233 Kg). أكمل الجدول بحساب عدد المولات، والكتلة بالكيلوجرام، وعدد الجزيئات.

الجدول 4-5 بيانات وقود مكوك فضائي

عدد الجزيئات	عدد المولات	الكتلة (Kg)	الصيغة الجزيئية	المادة
	$5.14 \times 10^7$		$\text{H}_2$	الهيدروجين
$1.16 \times 10^{31}$			$\text{O}_2$	الأكسجين
		4909	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	أحادي ميثيل الهيدرازين
	$8.64 \times 10^4$		$\text{N}_2\text{O}_4$	رابع أكسيد ثنائي النيتروجين

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.



1. يتشابه الأستالدهيد وحمض البيوتانويك في:

- الصيغة الجزيئية.
- الصيغة الأولية.
- الكتلة المولية.
- الخواص الكيميائية.

2. إذا كانت الكتلة المولية لخمض البيوتانويك 88.1g/mol، فما صيغته الجزيئية؟

- $C_3H_4O_3$
- $C_2H_4O$
- $C_4H_{12}O$
- $C_4H_8O_2$

3. ما الصيغة الأولية للإيثانول؟

- $C_4HO_3$
- $C_2H_6O_2$
- $C_2H_6O$
- $C_4H_{13}O_2$

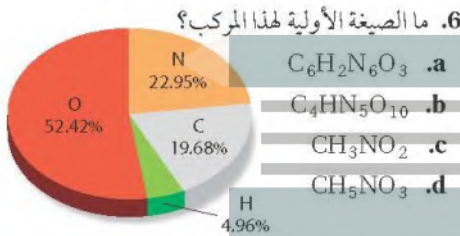
4. الصيغة الأولية للفورمالدهيد هي صيغته الجزيئية نفسها. فكم جراماً يوجد في 2.00 mol من الفورمالدهيد؟

- 30.00 g
- 60.06 g
- 182.0 g
- 200.0 g

5. أي مما يأتي لا يُعدّ وصفاً للمول؟

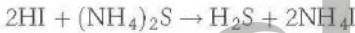
- وحدة تستعمل للعد المباشر للجسيمات.
- عدد أفوجادرو من جزيئات مركب.
- عدد الذرات في 12 g بالضغط من 12 C- النقي.
- وحدة النظام العالمي لكمية المادة.

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤال 6.



- $C_6H_2N_6O_3$
- $C_4HN_5O_{10}$
- $CH_3NO_2$
- $CH_5NO_3$

7. ما نوع التفاعل الموضح أدناه؟



- تكوين.
- تفكك.
- إحلال بسيط.
- إحلال مزدوج.

8. ما كتلة جزيء واحد من الجلوكوز  $C_6H_{12}O_6$ ؟ (الكتلة المولية = 180 g/mol).

- $6.02 \times 10^{-23}$
- $2.99 \times 10^{-22}$
- $2.16 \times 10^{-25}$
- $3.34 \times 10^{-21}$

9. ما عدد ذرات الأكسجين في 18.94 g من  $Zn(NO_3)_2$ ؟ (الكتلة المولية = 189 g/mol).

- $3.62 \times 10^{23}$
- $1.81 \times 10^{23}$
- $6.02 \times 10^{25}$
- $1.14 \times 10^{25}$

10. إذا علمت أن الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم

NaOH هي 40.0g/mol، فما عدد المولات

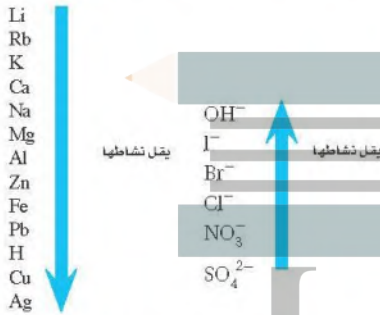
في 20.00 منه؟

- 0.50 mol
- 1.00 mol
- 2.00 mol
- 4.00 mol

14. كم مركباً يمكن أن يتكوّن من النحاس والكبريت والأكسجين؟ اكتب أسماءها وصيغها.

### أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 15.



طُلب إليك تحديد ما إذا كانت عينة من الفلز تتكون من الخارصين، أو الرصاص، أو الليثيوم. ولديك المحاليل الآتية: كلوريد البوتاسيوم KCl، كلوريد الألومنيوم  $AlCl_3$  III، كلوريد الحديد  $FeCl_3$  III، كلوريد النحاس (II)  $CuCl_2$ .

15. وضح كيف تستخدم المحاليل في معرفة نوع الفلز الذي تتكون منه العينة؟

11. كم ذرة في 116.14 g من Ge؟

(الكتلة المولية = 72.64 g/mol).

a.  $2.73 \times 10^{25}$  ذرة.

b.  $6.99 \times 10^{25}$  ذرة.

c.  $3.76 \times 10^{23}$  ذرة.

d.  $9.63 \times 10^{23}$  ذرة.

12. ما كتلة جزيء واحد من  $(BaSiF_6)$  علماً أنّ كتلته

المولية = 279.415 g/mol.

a.  $1.68 \times 10^{26}$  g

b.  $2.16 \times 10^{21}$  g

c.  $4.64 \times 10^{-22}$  g

d.  $6.02 \times 10^{-23}$  g

13. ما الكتلة المولية لأباتيت الفلور  $Ca_5(PO_4)_3F$ .

a. 314 g/mol

b. 344 g/mol

c. 442 g/mol

d. 504 g/mol

e. 524 g/mol

### أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤال 14.

شحنات بعض الأيونات	
الأيون	الصيغة
الكبريتيد	$S^{2-}$
الكبريتيت	$SO_3^{2-}$
الكبريتات	$SO_4^{2-}$
ثيو كبريتات	$S_2O_3^{2-}$
نحاس I	$Cu^+$
نحاس II	$Cu^{2+}$