

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. املأ 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 = 12.01 g/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 = 32.00 g/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 ؟

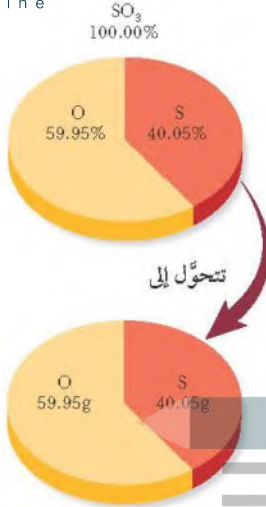
55. أي المركبين الآتين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4 ؟

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 H₂O₂. 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 و 59.95% من O، أي تحتوي على 40.05 g من S و 59.95 g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

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

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

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، اقسم القيمتين الموليتين على أصغر قيمة مولية، وهي للكبريت (1.249)، وهذا لا يغير النسبة المولية بين العنصرين لأن كليهما سيقسم على الرقم نفسه.

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

أي أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 1:3. ولذا فإن الصيغة الأولية هي SO₃. 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.

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

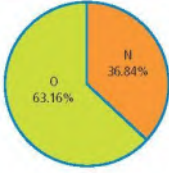
اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح.

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 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 g من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة (118.1 g/mol) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح ن.

المعطيات

النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%

النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%

النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%

الكتلة المولية = 118.1 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 : 1 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.

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

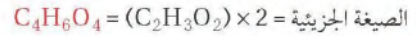
اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

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

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

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

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 الإلمنيث 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 الإلمنيث 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 للإلمنيث هي FeTiO_3 .

3 تقويم الإجابة

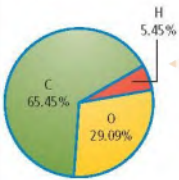
كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا. ولهذا من المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساوياً لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريباً لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية للأكسجين هي نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم.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

مسائل تدريبية

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

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

64. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم، نتج 19.55 g K و 4.00 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 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 g Fe و 75.14 g O ، فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

69. احسب يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545 g Al و 0.485 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 (Fe_2O_3) والماجنتيت (Fe_3O_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.