



المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

دليل المُعَلِّم

الكيمياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الثاني

10

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود تيسير أحمد الصبيحات

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الدليل عن طريق العناوين الآتية:

☎ 06-5376262 / 237 📠 06-5376266 📧 P.O.Box: 2088 Amman 11941

📌 @nccdjr @ feedback@nccd.gov.jo 🌐 www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم استخدام هذا الدليل في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم (2022/5)، تاريخ 2022/7/21 م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (2022/85)، تاريخ 2022/8/16 م، بدءاً من العام الدراسي 2023 / 2022 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2020.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 115 - 5

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2020/10/4582)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

دليل المعلم: الكيمياء: الصف العاشر / المركز الوطني لتطوير المناهج - عمان: المركز، 2020

ج2(86) ص.

ر.إ.: 2020/10/4582

الوصفات: / تعليم الكيمياء / المقررات الدراسية / التعليم الاعدادي /

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنّفه، ولا يُعبّر هذا المُصنّف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.

British Library Cataloguing -in- Publication Data

A catalogue record for this publication is available from the Library.

منهاجي
متعة التعليم الحادف



1447 هـ / 2025

الطبعة الأولى (التجريبية)

قائمة المحتويات

الموضوع

الصفحة

7 **الوحدة 4: التفاعلات والحسابات الكيميائية**

10 الدرس 1: التفاعلات الكيميائية

20 الدرس 2 : المول والكتلة المولية

28 الدرس 3 : الحسابات الكيميائية

38 الإثراء والتوسع: الوسادة الهوائية

39 مراجعة الوحدة

41 **الوحدة 5: الطاقة الكيميائية**

44 الدرس 1: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

54 الدرس 2 : الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة

62 الدرس 3 : حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

76 الإثراء والتوسع: الهيدروجين باعتباره وقودًا

77 مراجعة الوحدة

M1 ملحق إجابات كتاب الأنشطة والتجارب العملية

M5 قائمة المراجع

الوحدة الرابعة : التفاعلات والحسابات الكيميائية

تجربة استهلاكية: المعادلة الكيميائية			
الدرس	نتائج التعلم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: التفاعلات الكيميائية	<ul style="list-style-type: none"> التعبير عن التغير الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة. استكشاف أنواع التفاعلات الكيميائية، والتمييز بينها. 	<ul style="list-style-type: none"> تفاعل الاتحاد. تفاعل التحلل. تفاعل الإحلال الأحادي. 	3
الثاني: المول والكتلة المولية	<ul style="list-style-type: none"> توضيح مفهوم المول. الربط بين المول وعدد أفوجادرو. تعرف الكتلة الذرية النسبية، والكتلة الجزيئية، والكتلة المولية وكتلة الصيغة. توظيف مفهوم المول في بعض الحسابات الكيميائية. 		2
الثالث: الحسابات الكيميائية	<ul style="list-style-type: none"> حساب النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب. تحديد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب. حساب عدد مولات مركب وكتلته المتفاعلة أو الناتجة. حساب المردود المئوي للتفاعل. 		4

النتائج السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الرابعة - التفاعلات والحسابات الكيميائية

النتائج السابقة	الصف	النتائج اللاحقة	الصف
<ul style="list-style-type: none"> توظيف التفاعلات الكيميائية، مثل: تفاعلات الفلزات مع الأكسجين والماء، وتفاعلات اللافلزات مع الأكسجين. 	الثامن		
<ul style="list-style-type: none"> تعرف تفاعلات الاستبدال. استقصاء تفاعلات الفلزات مع الماء والأكسجين وحمض الهيدروكلوريك. كتابة معادلة كيميائية لتفاعل الفلز مع الحمض. استقصاء ترتيب سلسلة النشاط الكيميائي. 	التاسع	<ul style="list-style-type: none"> استقصاء أنواع التفاعلات الكيميائية. 	الحادي عشر

التفاعلات والحسابات الكيميائية

Reactions and Stoichiometry

أتأمل الصورة

- أوجه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم أسألهم:
 - صف ما تراه في الصورة.
 - أتقبل منهم الإجابات، ولا أستبعد أيًا منها.
- من الإجابات المحتملة: تفاعل كيميائي بين المواد، تصاعد غازات من التفاعل.
- أ طرح على الطلبة السؤال الآتي:
 - كيف نعبر عن التفاعل الكيميائي؟
 - أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أناقشهم للتوصل معهم إلى التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية موزونة تبين رموز المواد المتفاعلة والناجمة وصيغها، وكمياتها، وشروط حدوث التفاعل من: حرارة وضغط وغيرهما.
 - أ جري مناقشة مع الطلبة موضحًا لهم أن عمل قالب الحلوى أو العصائر يحتاج إلى أوزان محددة من المواد كالسكر والماء وغيرهما. وهكذا الصناعات الكيميائية مثل: صناعات الأدوية والأسمدة التي تعتمد على حساب كميات محددة من المواد المتفاعلة؛ لإنتاج مواد جديدة حسب المواصفات المرغوبة.

التفاعلات والحسابات الكيميائية

Reactions and Stoichiometry



أتأمل الصورة

تنتج المواد الكيميائية المختلفة من تفاعل العناصر والمركبات، فما التفاعل الكيميائي؟ وكيف نعبر عنه؟ وكيف نحسب كميات المواد المتفاعلة والناجمة؟

الفكرة العامة:

تعبّر المعادلة الكيميائية الموزونة عن التفاعل الكيميائي، وتعدّ الأساس في حساب كميات المواد المتفاعلة والنتيجة.

الدرس الأول: التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة: يُعبّر عن التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات موزونة تبين المواد المتفاعلة والنتيجة وكمياتها وحالاتها الفيزيائية.

الدرس الثاني: المول والكتلة المولية

الفكرة الرئيسة: يرتبط مفهوم المول بالكتلة المولية وكتلة الصيغة والكتلة الذرية.

الدرس الثالث: الحسابات الكيميائية

الفكرة الرئيسة: يمكن حساب نسب المواد المتفاعلة والنتيجة وكمياتها في التفاعلات المختلفة بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.

8

الفكرة العامة:

أقرأ الفكرة العامة للوحدة أو أكتبها على اللوح، ثم أمهد للوحدة بالحديث عن مفهوم المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وأذكر لهم أن المواد المتفاعلة تُكتب يسار السهم في المعادلة الكيميائية، في حين تُكتب المواد الناتجة يمين السهم. وأنه يُعبّر عن كل من المواد المتفاعلة والنتيجة في المعادلة بصيغ كيميائية للمركبات، ورموز للعناصر.

أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر: صوديوم، مغنيسيوم، ألنيوم، كلور، نيتروجين، أكسجين، كبريت؟ صوديوم Na، مغنيسيوم Mg، ألنيوم Al، كلور Cl، نيتروجين N، أكسجين O، كبريت S،
- ما الصيغة الكيميائية لكل من: نترات البوتاسيوم، كبريتات الكالسيوم، هيدروكسيد الصوديوم، الأمونيا، حمض الهيدروكلوريك؟ نترات البوتاسيوم KNO_3 ، كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، الأمونيا NH_3 ، حمض الهيدروكلوريك HCl
- أقبّل إجابات الطلبة، وأصحح الخطأ منها.

أبين للطلبة أنهم سوف يدرسون في هذه الوحدة المعادلة الكيميائية الموزونة، وبعضاً من أنواع التفاعلات الكيميائية، ومفهوم المول لقياس كمية المادة، وإجراء حسابات كيميائية؛ لتحديد نسبة مادة متفاعلة أو ناتجة في تفاعل كيميائي، وكتلتها.

مشروع الوحدة:

أوزّع الطلبة إلى مجموعات، ثم أطلب إلى كل مجموعة تصميم نموذج لأحد التفاعلات الكيميائية (الإحترق، الإتحاد، التحلل، الإحلال الأحادي)؛ مبيناً فيه المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحالاتها الفيزيائية، والشروط اللازمة لحدوث التفاعل. ومحاكاة لحدوث التفاعل من تكسير روابط وتكوين روابط جديدة. تاركاً لهم حرية اختيار الطريقة المناسبة للتصميم مثل: مجسم كرتوني، أو برمجية إلكترونية مثل Movie Maker أو scratch.

أبين للطلبة إلى أن تقييم العمل سيعتمد على دقة المعلومات، وجاذبية التصميم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.

أخبر الطلبة أنّ النجاح في إدارة المشروع يتطلب التخطيط الجيد للمشروع، والمشاركة الفاعلة لأفراد الفريق، وأداء المهمات المنوطة بهم بإتقان، والتقييم المستمر لمراحل العمل وتطويرها ضمن خطة زمنية واضحة المعالم؛ فيساعد ذلك على نجاح المشروع وديمومته.

تجربة استعلاية

الهدف: كتابة المعادلة الكيميائية

زمن التنفيذ: 10 min .

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.

- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.

- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.

- في الخطوة (2) أوجه انتباه الطلبة إلى الحذر في استعمال المخبر المدرج؛ لقياس الكميات المحددة من محلول بروميد البوتاسيوم ومحلول نترات الرصاص.

- في الخطوة (3) أطلب إلى الطلبة إضافة محتويات الكأس الأولى ببطء إلى الكأس الثانية مع التحريك، وملاحظة التغيرات التي تطرأ.

- أتجول بين الطلبة مؤجهاً ومُرشدًا ومُساعِدًا. وأدير نقاشًا معهم لاستنتاج التفاعل الحاصل وقانون حفظ الكتلة.

النتائج المتوقعة:

قد يعتقد بعض الطلبة أن قراءة الميزان قبل خلط المادتين تختلف عنها بعد خلطهما.

التحليل والاستنتاج:

1. لم تتغير قراءة الميزان.

2. تكوّن مادة راسبة صفراء اللون.

3. $Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \rightarrow 2KNO_3(aq) + PbI_2(s)$

تجربة استعلاية

المعادلة الكيميائية

المواد والأدوات: محلول نترات الرصاص (II) $Pb(NO_3)_2$ ، محلول يوديد البوتاسيوم KI، ميزان حساس، مخبر مدرج، كأسان زجاجيان سعة كل منهما 100 mL.

إرشادات السلامة: أحذر عند التعامل مع الأدوات الزجاجية والمواد الكيميائية، وأرتدي القفازات والنظارات الواقية، ومعطف المختبر.

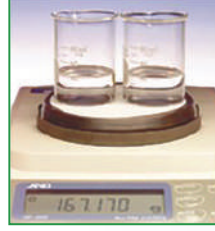
خطوات العمل:

1 أضع كأسين زجاجيين على الميزان الحساس، وأضبطه للحصول على قراءة مؤشر صفر.

2 أقيس: أضع (10 mL) من محلول يوديد البوتاسيوم في إحدى الكأسين، وأضع (10 mL) من محلول نترات الرصاص في الكأس الأخرى. ثم أسجل قراءة الميزان.

3 الأخط: أضيف محتويات الكأس الأولى إلى الكأس الثانية، وأبقي الكأسين على الميزان. ماذا يحصل؟ أسجل قراءة الميزان.

4 أنظف مكان عملي وأغسل يدي جيدًا بعد الانتهاء من العمل.



التحليل والاستنتاج:

1- أقرأ قراءة الميزان قبل خلط المادتين وبعدها.

2- ألاحظ التغيرات التي تدل على حدوث التفاعل.

3- أعبّر عن التفاعل الحاصل بمعادلة كيميائية موزونة متضمنة الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والنتيجة.

9

تقويم تجربة المعادلة الكيميائية.

أداة التقويم: سلم تقدير عددي.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

الرقم	معيير الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيد جدًا (3)	ممتاز (4)
1	قياس كميات المواد بدقة				
2	تسجيل قراءة الميزان قبل الخلط وبعده بدقة				
3	تفسير النتائج بصورة علمية				
4	كتابة معادلة موزونة للتفاعل				

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الأمن والسلامة.

أوجه الطلبة إلى أنه من أساسيات العمل المخبري مراعاة الأمن والسلامة في التعامل مع المواد الكيميائية والأدوات، وأن كثيرًا من المهام التي يؤديها عالم الكيمياء تتطلب إجراءات سلامة يجب التقيد بها؛ حتى لا تتعرض حياته للخطر، منها ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسية، ثم أمهد للدرس بالحديث عن تمثيل التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات كيميائية موزونة.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
- لماذا يتم التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية؟
أنظّم جلسة عصف ذهني، وأقبل إجابات الطلبة.
تسهيل دراسة التفاعلات، تصنيف التفاعلات.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة بما درسوه سابقاً من تفاعلات كيميائية، مثل تفاعل التعادل بين الحموض والقواعد، وتفاعلات التأكسد والاختزال، واستخلاص الفلزات وتفاعلها مع الأكسجين وحمض الهيدروكلوريك HCl.
- أخبر الطلبة أنه توجد أنواع رئيسة من التفاعلات الكيميائية ستجري دراستها في هذا الدرس وهي: الاحتراق، الاتحاد، التحلل، الإحلال الأحادي.

التدريس

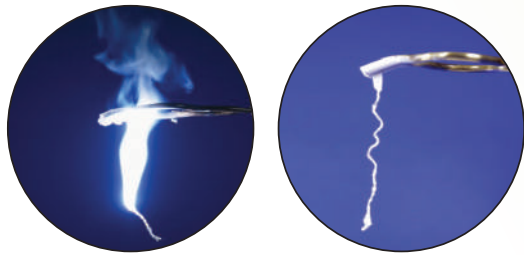
المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتين:
- ما المقصود بالتغير الفيزيائي؟
هو تغير يؤثر في الخصائص الفيزيائية كحالة المادة (صلبة، سائلة، غازية) وشكلها وحجمها، ولا ينتج عنه تغير في تركيب المادة نفسها.
- ما المقصود بالتغير الكيميائي؟
هو تغير ينتج عنه مادة جديدة تختلف خصائصها عن خصائص المادة الأصلية.
- أجري مناقشة مع الطلبة موضحاً لهم أمثلة على التغير الفيزيائي، مثل تحول الماء من حالة لأخرى، ولكنه يبقى ماءً، في حين حرق ورقة يسمى تغيراً كيميائياً.

التغير الكيميائي Chemical Change

تطراً عادةً على المادة تغيرات؛ فيزيائية أو كيميائية. تؤثر التغيرات الفيزيائية في الخواص الفيزيائية للمادة كحالة المادة (صلبة، كائت، أو سائلة، أو غازية) وشكلها وحجمها، ولا ينتج عنها تغير في تركيب المادة نفسها؛ فمثلاً، عند تجمد الماء تتغير حالته من الحالة السائلة إلى الصلبة، ولكنه يبقى ماءً.

أما التغيرات الكيميائية، فينتج منها مواد جديدة تختلف في خصائصها عن خصائص المواد الأصلية. فعندما يحترق عنصر المغنسيوم بوجود غاز الأكسجين ينتج رماداً أبيض اللون يسمى أكسيد المغنسيوم MgO يختلف في خصائصه عن خصائص كل من العنصرين: المغنسيوم والأكسجين اللذين يتكون منهما، أنظر الشكل (1).



الشكل (1): احتراق فلز المغنسيوم؛ لإنتاج مركب أكسيد المغنسيوم.

الفكرة الرئيسية:

يعبر عن التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات موزونة تبين المواد المتفاعلة والناجثة وكمياتها وحالاتها الفيزيائية.

تناجرات التعلم:

- أعبر عن التغير الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة.
- أستكشف أنواع التفاعلات الكيميائية، وأميز بينها.

المفاهيم والمصطلحات:

- تفاعل كيميائي Chemical Reaction
- معادلة كيميائية موزونة
- Balanced Chemical Equation
- قانون حفظ الكتلة
- Law of Conservation of Mass
- تفاعل الاحتراق
- Combustion Reaction
- تفاعل الاتحاد
- Combination Reaction
- تفاعل التحلل (التفكك)
- Decomposition Reaction
- تفاعل الإحلال الأحادي
- Single Displacement Reaction

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (1)، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- ما المواد المتفاعلة في التفاعل الذي تشاهدونه في الصورة؟ ما المادة البيضاء الناتجة؟ كيف تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة؟
- احتراق شريط مغنسيوم، (المادة الناتجة مركب أكسيد المغنسيوم، ويظهر على شكل رماد أبيض اللون، في حين أن المادة المتفاعلة هي عنصر المغنسيوم، وهو فلز له لمعان).

المناقشة:

- أجري مناقشة مع الطلبة مبيّنًا لهم المقصود بالتفاعل الكيميائي، وأنه يتضمن الآتي: تكسير روابط، تكوين روابط، ترتيب ذرات، عدد الذرات ونوعها لم يتغير، إنتاج مواد جديدة، صفات فيزيائية وكيميائية جديدة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثم أناقشهم في التغير الكيميائي الحاصل؛ إذ إن صفات الصوديوم (فلز فضي اللون نشيط كيميائيًا)، وصفات الكلور (غاز أصفر مخضر اللون، نشيط كيميائيًا)، والنتج كلوريد الصوديوم (ملح الطعام: بلورات بيضاء اللون).

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، ثم أترح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما عدد ذرات كل من H و Cl في المواد المتفاعلة والنتيجة؟ ذرتي H وذرتي Cl في كل من المواد المتفاعلة والنتيجة.
- صف التغير الحاصل في ترتيب الذرات. في المواد المتفاعلة ترتبط ذرتا الهيدروجين معا (H-H) وترتبط ذرتا الكلور معا (Cl-Cl)، في حين ترتبط كل ذرة H مع ذرة Cl في المواد الناتجة، وعدد الذرات ثابت.
- ما الروابط التي تكسرت والروابط التي تكونت؟ الروابط التي تكسرت H-H و Cl-Cl، والروابط التي تكونت H-Cl.

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى الاجابات الصحيحة.

بناء المفهوم:

التغير الكيميائي والتغير الفيزيائي.

- أترح على الطلبة السؤال الآتي:

- ما الفرق بين التغير الفيزيائي والكيميائي؟

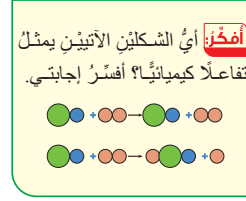
- التغير الفيزيائي لا يغير في تركيب المادة، أما التغير الكيميائي فيغير في تركيب المادة حيث ينتج مادة جديدة.

أمّخر

الشكل الثاني؛ لأنه حدث تغير في ترتيب الكرات؛ مما يشير إلى تكسر روابط وتكوّن روابط جديدة ومادة جديدة.



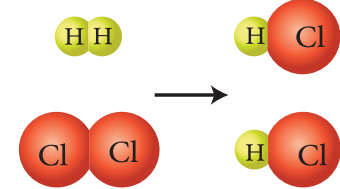
الشكل (2): تفاعل عنصري الصوديوم والكلور لإنتاج مركب كلوريد الصوديوم



أصمّم باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عرضًا يوضّح كيف يتفاعل جزيء من الهيدروجين مع جزيء من الكلور؛ لإنتاج جزيئين من كلوريد الهيدروجين، ثم أشاركه زملائي/ زميلاتي في الصف.

✓ **أتحقّق:** ما المقصود بالتفاعل الكيميائي؟

الشكل (3): تفاعل جزيئات H₂ مع جزيئات Cl₂ لإنتاج جزيئات HCl. أوقع: ما نوع الرابطة الكيميائية بين ذرات H-H، Cl-Cl، H-Cl؟



11

إجابة سؤال الشكل (3):

جميعها روابط تساهمية.

تفاعل الهيدروجين مع الكلور

أوجه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن تفاعل الهيدروجين مع الكلور ثم أعدّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج السكراتش، وأحدد موعدًا لعرضه ومشاركته الزملاء/ زميلات في الصف ومناقشته معهم.

✓ **أتحقّق:**

عملية يحدث فيها تكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة بين ذرات المواد الناتجة، وإعادة ترتيب للذرات دون المساس بنوعها وعددها. وتختلف الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الناتجة عن المتفاعلة.

المناقشة:

- أوظف إستراتيجية التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية؟

المواد المتفاعلة والناجمة، ورموزها، وصيغها الكيميائية، وحالاتها الفيزيائية، وعدد الذرات المتفاعلة والناجمة وترتيبها، والنسب التي تتفاعل بها الذرات، ونوع الروابط الكيميائية بينها، والشروط اللازمة لحدوث التفاعل مثل: الحرارة والضغط والعوامل المساعدة.

- ما خطوات كتابة معادلة كيميائية موزونة؟

كتابة المعادلة اللفظية (بالكلمات)، ثم معادلة رمزية (رموز وصيغ) تتضمن الحالة الفيزيائية لكل مادة، ثم موازنة المعادلة بجعل عدد ذرات عناصر المواد المتفاعلة والناجمة التي من النوع نفسه متساوية على طرفي المعادلة.

- أتقبل إجابات الطلبة، ثم أناقشهم فيها للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (4)، ثم أناقشهم فيه؛ للتوصل إلى أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي كتلة المادة الناتجة.

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين:

- ما العلاقة بين أعداد الذرات المتفاعلة والناجمة وأنواعها؟
- كيف نعبّر عن الشكل بمعادلة كيميائية موزونة؟

أعداد الذرات المتفاعلة وأنواعها هي نفسها أعداد الذرات الناتجة وأنواعها. وأنه يمكن التعبير عن الشكل بالمعادلة الموزونة الآتية:

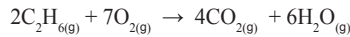


- أجري مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

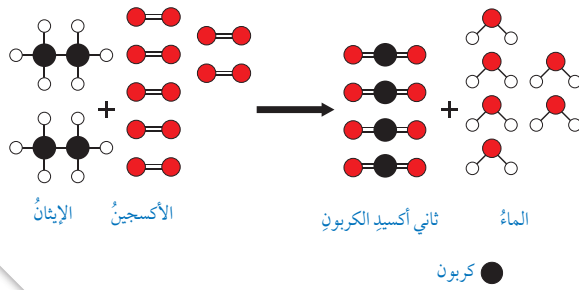
المعادلة الكيميائية الموزونة Balanced Chemical Equation

يمكن التعبير عن التفاعل الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة **Balanced Chemical Equation** وهي تعبير بالرموز والصيغ يبين نوع المواد المتفاعلة والناجمة، ونسب كمياتها في التفاعل، وحالاتها الفيزيائية، والظروف التي يُجرى فيها التفاعل بما يحقق قانون حفظ الكتلة.

ينص **قانون حفظ الكتلة Law of Conservation of Mass** على أن المادة لا تفنى ولا تُستحدث من العدم وإنما تتحول من شكل إلى آخر؛ وبهذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة، أنظر الشكل (4)؛ ما يشير إلى أن عدد ذرات كل عنصر ونوعها في المواد المتفاعلة يماثل عدد ذراته ونوعها في المواد الناتجة، وهذا يفسر قانون حفظ الكتلة. ويبين الشكل (5) تمثيلاً مسطاً لتفاعل احتراق غاز الإيثان بوجود غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، ويصف الكيميائيون هذا التفاعل بالمعادلة الرمزية الموزونة كما يأتي:



ولكتابة المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل ما، يجب أولاً كتابة معادلة كيميائية لفظية تصف التفاعل، وبعدها تحوّل الكلمات إلى رموز وصيغ كيميائية؛ لتصبح معادلة رمزية، وتتضمن الحالة الفيزيائية لكل مادة. أخيراً تجري موازنة المعادلة بجعل عدد ذرات عناصر المواد المتفاعلة والناجمة التي من النوع نفسه متساوية على طرفي المعادلة.



الشكل (5): تمثيل مسط لتفاعل احتراق غاز الإيثان بوجود غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
أفسر: كيف تغير ترتيب ذرات العناصر بالنسبة إلى بعضها؟

12



إجابة سؤال الشكل (8):

في المواد المتفاعلة ارتبطت ذرتي الكربون مع أربعة ذرات هيدروجين في الإيثان، وارتبطت كل ذرتي أكسجين مع بعضها. في حين في المواد الناتجة ارتبطت كل ذرة كربون مع ذرتي أكسجين، وارتبطت كل ذرة أكسجين مع ذرتي هيدروجين، مع ملاحظة أن عدد الذرات المتفاعلة ونوعها لم يتغير في النواتج عن المتفاعلات.

تعريف: قانون حفظ المادة

- أراجع الطلبة في التجربة الاستهلاكية، وأناقشهم في دلالة ثبات قراءة الميزان قبل خلط المادتين وبعد خلطهما؛ لاستنتاج قانون حفظ الكتلة، (مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة).

المثال 1

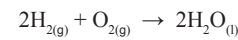
أكتب معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين لإنتاج الماء السائل.
الحل:

O	H	
2	2	عدد الذرات المتفاعلة
1	2	عدد الذرات الناتجة

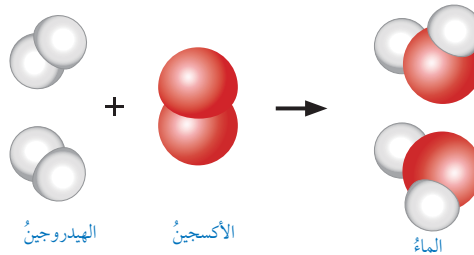
• أكتب المعادلة اللفظية: غاز الهيدروجين + غاز الأكسجين ← الماء.
• أكتب المعادلة بالرموز والصيغ: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$
• أوازن المعادلة: أعدد عدد ذرات كل نوع في المواد المتفاعلة والناتجة.

ألاحظ أن عدد ذرات H المتفاعلة يساوي عددها في المادة الناتجة، في حين يختلف عدد ذرات O المتفاعلة عن الناتجة. ولمساواة عدد ذرات O في طرفي المعادلة استخدم طريقة المحاولة والخطأ، وفي هذا التفاعل إذا وضع الرقم 2 يسار الصيغة H_2O كما يأتي: $2H_2O$ يصبح عدد ذرات O متساويًا في طرفي المعادلة.

ونتيجة لذلك سوف يختلف عدد ذرات H، ولمساواة عددها يوضع الرقم 2 يسار الصيغة H_2 في المواد المتفاعلة؛ فيصبح عدد ذراتها في المواد المتفاعلة والناتجة متساويًا، وهو 4. وبذلك تصبح المعادلة موزونة، وتكتب متضمنة الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة، كالآتي:



وعند موازنة المعادلة الكيميائية، يجب المحافظة على الصيغة الكيميائية للمادة حتى لا يتناقض ذلك مع قانون حفظ الكتلة؛ لذلك يوضع الرقم 2 يسار الصيغة H_2O أي: $2H_2O$ ، وهذا يعني جزيئين من الماء، أما لو جرت الموازنة بوضع الرقم 2 يمين الصيغة، أي: H_2O_2 فسيُنتج مركبًا جديدًا هو H_2O_2 الذي يختلف في الخواص الفيزيائية والكيميائية عن H_2O على الرغم من أن عدد ذرات H و O متساوٍ في طرفي المعادلة الكيميائية، أنظر الشكل (6).



الشكل (6): نموذج تفاعل الأكسجين مع الهيدروجين لإنتاج الماء.

13

المناقشة:

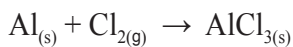
- أوضح للطلبة طريقة المحاولة والخطأ في موازنة المعادلة الكيميائية والتي تعتمد على تجريب أبسط الأرقام لمساواة أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة.
- أبين للطلبة أنه يجب المحافظة على الصيغة الكيميائية الصحيحة؛ وذلك بأن يوضع معامل الموازنة يسار الصيغة وليس يمينها، وأنقشهم في اختلاف $2H_2O$ عن H_2O_2 رغم أن عدد ذرات H و O متساوٍ، حيث أن $2H_2O$ يختلف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية عن H_2O_2 .

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (6)، ثم أترح عليهم الأسئلة الآتية:
 - ما عدد الذرات المتفاعلة؟
 - 4 ذرات هيدروجين، ذرتا أكسجين.
 - ما عدد ذرات المواد الناتجة؟
 - 4 ذرات هيدروجين، ذرتا أكسجين.
 - هل تختلف أنواع الذرات المتفاعلة عن الذرات الناتجة؟ لا تختلف، حيث أنواع الذرات المتفاعلة والناتجة نفسها.
 - أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أناقشهم فيها للتوصل إلى أن عدد الذرات يبقى نفسه، وكذلك أنواعها.
 - أناقش الطلبة في المثال (1)، ثم أوجههم إلى حل المثال الإضافي الآتي:

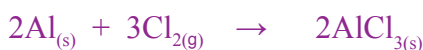
مثال إضافي

أزن المعادلة الآتية:



الحل:

- عدد الذرات المتفاعلة Al يساوي 1، و Cl يساوي 2، بينما عدد الذرات الناتجة Al يساوي 1، و Cl يساوي 3.
- عند وضع الرقم 2 يسار الرمز Al، والرقم 3 يسار Cl_2 ، والرقم 3 يسار الصيغة $AlCl_3$ يصبح عدد الذرات كما يأتي:
- عدد الذرات المتفاعلة Al يساوي 2، و Cl يساوي 6، بينما عدد الذرات الناتجة Al يساوي 2، و Cl يساوي 6.
- وبهذا تكون المعادلة موزونة على النحو الآتي:



نشاط سريع

- أستخدم صندوق الكرات والوصلات مستعينًا بنموذج يوديد الهيدروجين HI لأوضح للطلبة أن إضافة رقم 2 إلى يمين الصيغة يعني ذرة هيدروجين وذرتي يود، أما إضافة الرقم 2 إلى يسار الصيغة فيعني ذرتي هيدروجين وذرتي يود.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة

توجد طرائق عدة لوزن المعادلات الكيميائية؛ فطريقة المحاولة والخطأ تعتمد على تجريب أرقام مناسبة لموازنة عدد الذرات المتفاعلة والناتجة، وهناك طريقة نصف التفاعل التي تعتمد على نصفي التفاعل؛ التأكسد والاختزال، ولها نوعان: الوسط الحمضي والوسط القاعدي، وأيضًا توجد طريقة تسمى عدد التأكسد تعتمد على التغير في أعداد التأكسد للذرات في طرفي المعادلة.

المناقشة:

- ناقش الطلبة في طريقة موازنة المعادلة المبينة في الجدول موضعاً كيفية عد الذرات المتفاعلة والنتيجة وموازنتها بإضافة الرقم المناسب لموازنة الذرات في الطرفين، ثم بالتأكد من تساوي العدد النهائي للذرات.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي: كيف تحقق قانون حفظ الكتلة في المعادلة المحلولة في الجدول؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن عدد الذرات ونوعها نفسه في الطرفين.
- أطلب إلى الطلبة دراسة المثال (2)، ثم أناقشهم فيه، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

المثال 2

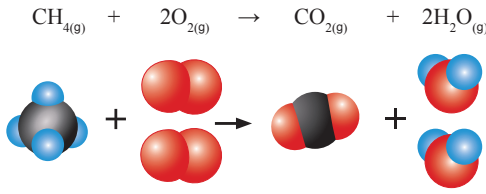
أكتب معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعل غاز الميثان CH_4 مع غاز الأوكسجين O_2 لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وبخار الماء.

الحل:

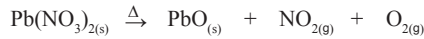
- أكتب المعادلة اللفظية: غاز الميثان + غاز الأوكسجين → غاز ثاني أكسيد الكربون + بخار الماء
- أكتب المعادلة بالرموز والصيغ: $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
- أوازن المعادلة: أحدد عدد ذرات كل نوع في المواد المتفاعلة والنتيجة، وأزنها:

المواد المتفاعلة	المواد الناتجة
المواد المتفاعلة والنتيجة	$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
أعد ذرات كل عنصر في المواد المتفاعلة والنتيجة	1C , 4H , 2O 1C , 2H , 3O
أزيد عدد ذرات H الناتجة	$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
أضع الرقم 2 يسار الصيغة H_2O	
أعد الذرات المتفاعلة والنتيجة مرة أخرى	1C , 4H , 2O 1C , 4H , 4O
أزيد عدد ذرات O المتفاعلة	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
أضع الرقم 2 يسار الصيغة O_2	
أأكد من عدد الذرات المتفاعلة والنتيجة في المعادلة	1C , 4H , 4O 1C , 4H , 4O

ألاحظ أن المعادلة موزونة وتكتب على النحو الآتي:



✓ **أتحقق:** أوازن المعادلة الكيميائية الآتية:

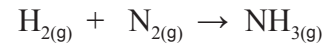


أفكر: كيف يتحقق قانون حفظ الكتلة في التفاعل الموضح في المثال السابق؟

14

مثال إضافي

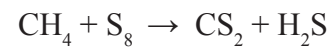
1. أوازن المعادلة الآتية:



الحل:



2. أوازن المعادلة الآتية:



الحل:



✓ **أتحقق:**



أفكر: عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها هو نفسه في المواد الناتجة.

توظيف التكنولوجيا

أوجه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن فيديوهات تعليمية أو عروض تقديمية لأمثلة متنوعة على موازنة معادلات كيميائية، وأشرك الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بالمشاركة مع الطلبة وذويهم.

ورقة العمل (1)

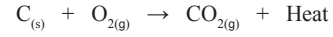
أستخدم التعلم التعاوني وأقسم الطلبة مجموعات، ثم أوزع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجههم إلى الحل جماعياً ومناقشة الإجابات، وأحدد لهم 10 min، ثم أوجه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها، ثم أناقش المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

14

أنواع التفاعلات الكيميائية Types of Chemical Reactions

1- تفاعل الاحتراق Combustion Reaction

تفاعل الاحتراق Combustion Reaction هو تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب) مع غاز الأكسجين ويصاحب التفاعل عمومًا انطلاقًا طاقة في صورة حرارة أو ضوء. فمثلًا، احتراق قطعة من الفحم (الكربون) بوجود غاز الأكسجين تنتج منه حرارة Heat، أنظر الشكل (7)، حيث يمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



والأمثلة على تفاعلات الاحتراق كثيرة؛ كاحتراق الخشب واحتراق أنواع الوقود المختلفة. وتفيدنا الحرارة الناتجة في التدفئة وتحريك وسائل المواصلات وطهي الطعام وغيرها. بالإضافة إلى أن احتراق الغذاء في الجسم يزوده بالطاقة اللازمة لأداء وظائفه الحيوية المتنوعة. وعادةً عند احتراق المركبات التي تتكون من الهيدروجين والكربون فإنه ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء، فضلًا عن انطلاق حرارة، كما في المعادلة الآتية:



2- تفاعل الاتحاد Combination Reaction

تفاعل الاتحاد Combination Reaction هو تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) ليُنتج مركبًا واحدًا جديدًا. فمثلًا يتفاعل عنصر النحاس مع عنصر الكبريت ليُنتج مركب كبريتيد النحاس (II)، ويُعبّر عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



حيث يشير الرمز (Δ) إلى التسخين (حرارة).



الشكل (7): تفاعل احتراق قطع من الفحم.

أفكر عند حرق (100 g) من الفحم في كمية معلومة من غاز الأكسجين حرقة تامة، فإن كمية الناتج تكون أقل من المتوقع، أفسر ذلك.



أعمل فيلمًا قصيرًا

باستخدام برنامج صانع الأفلام (Movie Maker)، يوضح أنواع التفاعلات الكيميائية: (وهي الاحتراق، والتحلل، والاتحاد، والإحلال الأحادي)، وأحرص على أن يشتمل الفيلم على مفهوم كل نوع منها، ومعادلة التفاعل، ثم أشارك زملائي/ زميلاتي في الصف.

المناقشة:

● أوظف إستراتيجية التعلم التعاوني بتقسيم الطلبة في مجموعات، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بتفاعلات الاحتراق؟

تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب)، مع غاز الأكسجين، ويصاحب التفاعل بشكل عام انطلاق طاقة في صورة حرارة أو ضوء.

- كيف نعبر عن احتراق الفحم بمعادلة كيميائية؟



● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

- كيف نعبر بمعادلة عامة عن تفاعل احتراق الهيدروكربونات؟



- ما فائدة الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؟

(تحريك وسائل المواصلات المتنوعة، التدفئة، طهي الطعام، القدرة على أداء الأعمال، صهر الفلزات، تسخين المياه، توليد الكهرباء،.....).

- ما المقصود بتفاعل الاتحاد؟ أعط مثالاً عليه.

تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لتنتج مركبًا واحدًا جديدًا. ومثال ذلك:



استخدام الصور والأشكال:

● أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، ثم أطرح عليهم السؤال:

- ما نوع التفاعل الذي تشاهده في الشكل؟ تفاعل احتراق.

أفكر

جزء مفقود على شكل حرارة، أو بخار لم يتم ضبطه.



أنواع التفاعلات الكيميائية

أوجه الطلبة إلى تصميم عرض تفاعلي يوضح أنواع التفاعلات الكيميائية المختلفة: الاتحاد، والتحلل، والإحلال الأحادي، والإحلال المزدوج، باستخدام برنامج (Movie Maker)، ثم أوجههم إلى مشاركته وعرضه أمام زملاءه/ زميلاته في الصف.

إمارة للمعلم/المعلمة

يعد تفاعل الاحتراق تفاعل أكسدة. ولكن ليس كل تفاعل أكسدة تفاعل احتراق؛ فمثلًا اختفاء لمعان الأواني الفضية وصدأ الحديد وظهور اللون البني على قطعة من التفاح، كلها تعد تفاعلات أكسدة ولا يصاحبها انطلاق طاقة حرارية أو ضوئية. إن نواتج الاحتراق تعتمد على كمية الأكسجين المستخدمة؛ فمثلًا عند احتراق الكربون احتراقًا تامًا بوجود كمية وافرة من الأكسجين يكون الاحتراق تامًا فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وعند نقص كمية الأكسجين يكون الاحتراق غير تام فينتج سناج الكربون وغاز أول أكسيد الكربون، إضافة إلى النواتج السابقة.

بناء المفهوم:

تفاعل الاتحاد

- أصمم نموذجًا لتفاعل الاتحاد باستخدام الكرات، وأعرضه على الطلبة، وأطرح عليهم السؤال الآتي:
- ما عدد المواد المتفاعلة و المواد الناتجة؟
- أوجّه الطلبة إلى أنه تنتج مادة واحدة جديدة من تفاعل مادتين. وأعطي مثالاً على ذلك: معادلة تفاعل CO_2 مع MgO باعتباره تطبيقاً على تفاعل الاتحاد.

الربط بالحياة

- أوضح للطلبة تغير لون أوراق الشجر الخضراء إلى اللونين الأصفر والبرتقالي خلال فصل الخريف، وأن ذلك نتيجة تفاعل يسمى التحلل.

نشاط سريع

- أضع ملعقة من كبريتات النحاس الزرقاء في أنبوب اختبار، ثم أسخنه بمصدر لهب إلى أن يختفي اللون الأزرق، ثم أناقش الطلبة في التغير اللوني الحاصل (اختفاء اللون الأزرق)، وأن هذا التحول ناتج عن التسخين، وأربط ذلك بمفهوم تفاعل التحلل الحراري وهو: تحلل مركب واحد بالحرارة أو بالضوء أو بالكهرباء منتجاً مادتين أو أكثر، وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات.

التجربة 1

تفاعل الاتحاد

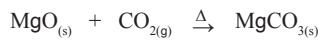
المواد والأدوات: برادة الحديد Fe ، مسحوق الكبريت S ، جفنة تسخين، لهب بنسن، ملعقة، ميزان حساس، منصب ثلاثي، مغناطيس. **إرشادات السلامة:**

- أحذر عند التعامل مع اللهب.
- ارتدي معطف المختبر، والبس القفازين، واضع النظارات الواقية.

خطوات العمل:

1. ازن 6 g من برادة الحديد ثم 3 g من الكبريت وأخلطهما معاً في جفنة التسخين.
2. **أجرب:** أقرّب طرف المغناطيس من الخليط، أي المادتين تنجذب إليه؟
3. **الأنظر:** أضع المادتين مرة أخرى في الجفنة، وأخلطهما

ومن الأمثلة أيضاً تفاعل أكسيد المغنيسيوم، مع غاز ثاني أكسيد الكربون؛ لإنتاج كربونات المغنيسيوم كما هو موضح في المعادلة الآتية:



ويمكن تمثيل تفاعلات الاتحاد بالصورة المبسطة الآتية:



3- تفاعل التحلل (التفكك) Decomposition Reaction

تفاعل التحلل (التفكك) Decomposition Reaction هو تحلل مركب واحد بالحرارة أو بالكهرباء أو بالضوء منتجاً مادتين أو أكثر، وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات. فمثلاً، تتحلل كربونات النحاس بالحرارة، منتجة أكسيد النحاس وغاز ثاني أكسيد الكربون، ويُعبّر عن تفاعلها بالمعادلة الآتية:



الربط بالعلوم الحياتية

تحتوي أوراق كثير من الأشجار على اللونين البرتقالي والأصفر، ويغطيها لون الكلوروفيل الأخضر، وفي فصل الخريف؛ تتغير ألوان أوراق الشجر؛ نتيجة تفاعل كيميائي يتفكك فيه الكلوروفيل بمعدل أكبر من إنتاجه؛ مُظهرًا اللونين البرتقالي والأصفر على الأوراق.

16

التجربة 1

تفاعل الاتحاد

الهدف: استقصاء تفاعل الاتحاد.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج.

زمن التنفيذ 4 دقائق.

إرشادات الأمن والسلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- في الخطوة (3) أوجّه الطلبة إلى ضرورة توخي الحيلة والحذر عند تسخين الجفنة.

- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أدير نقاشاً مع الطلبة لاستنتاج نوع التفاعل الحاصل ونواتجه.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير لون برادة الحديد والكبريت ونتج مادة واحدة منها ذات لون أسود تقريباً.



تقويم تجربة تفاعل الاتحاد

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. أداة التقويم: سلم تقدير عددي.

الرقم	معيّار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيد جداً (3)	ممتاز (4)
1	تنفيذ إجراءات التجربة بدقة.				
2	التوصل إلى استنتاجات صحيحة.				
3	التعاون مع زملاء في إنجاز المهمة الموكولة إليهم.				
4	كتابة معادلة موزونة للتفاعل.				

التجربة 2

تفاعل التحلل

الهدف: استقصاء تفاعل التحلل الحراري
زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمن وإرشادات السلامة في المختبر.

أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

أنبه الطلبة في الخطوة (2) إلى ضرورة توخي الحيلة والحذر عند تسخين الجفنة.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير اللون الأزرق إلى اللون الأسود.

2. $Cu(OH)_2(s) \xrightarrow{\Delta} CuO(s) + H_2O(g)$

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية، واختيار أحدهم لتدوين الإجابات في ورقة -بعد الاتفاق عليها- خلال 10 min.
- أعبّر عن تفاعل تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة بمعادلة كيميائية موزونة.



- أعبّر عن التحلل الكهربائي للماء بمعادلة كيميائية موزونة.



- أتابع عمل المجموعات مُوجِّهًا ومُيسِّرًا ومُرشدًا للعمل، وأقوم أداءهم.
- أطلب إلى أحد أفراد المجموعة عرض ما توصلت إليه مجموعته، ثم أناقشهم للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أنفد التفاعل المبين في الشكل (8)، وذلك بوضع ملعقة من دايكرومات الأمونيوم في صحن خزفي، وأقرب منها عود ثقاب مشتعلًا، وأطلب إلى الطلبة ملاحظة التفاعل الحاصل بدقة، ثم أناقش الطلبة في التغير اللوني الذي حصل (اللون البرتقالي لدايكرومات الأمونيوم تحول إلى اللون الأخضر المميز لأكسيد الكروم).

التجربة 2

تفاعل التحلل

المواد والأدوات: هيدروكسيد النحاس (II) $Cu(OH)_2$ ، جفنة تسخين، لهب بنسن، ملعقة، منصب ثلاثي.

2. أسخن الجفنة على اللهب 5 min، ثم أترك الجفنة حتى تبرد.

3. **ألاحظ** التغير الذي طرأ على هيدروكسيد النحاس، ثم أسجل ملاحظاتي.

1. أضغ ملعقة من هيدروكسيد النحاس في الجفنة.

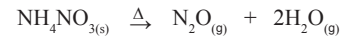
2. أكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.



الشكل (8): التحلل الحراري لمركب دايكرومات الأمونيوم.

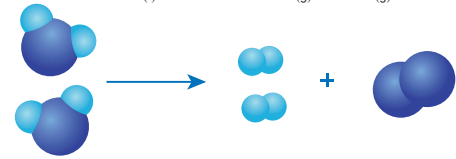
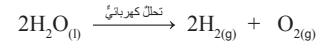
أكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

ومن الأمثلة أيضًا على هذه التفاعلات تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة، منتجة أكسيد ثنائي النيتروجين وبخار الماء، كما يأتي:



وكذلك تتحلل دايكرومات الأمونيوم $(NH_4)_2Cr_2O_7$ بالحرارة، منتجة أكسيد الكروم وبخار النيتروجين وبخار الماء؛ حيث تسبب الغازات الناتجة فورانًا يشبه البركان، أنظر الشكل (8).

وقد تعتمد بعض تفاعلات التحلل على استخدام التيار الكهربائي بدلًا من الحرارة، فمثلًا، يتحلل الماء تحللًا كهربائيًا إلى عنصري الهيدروجين والأكسجين، كما يأتي:



وعادةً يمكن تمثيل تفاعلات التحلل بالصورة المبسطة الآتية:



تقويم تجربة تفاعل التحلل.

أداة التقويم: سلم تقدير عددي.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

الرقم	معيّار الأداء	ممتاز (4)	جيد جدًا (3)	جيد (2)	مقبول (1)
1	تنفيذ إجراءات التجربة بدقة.				
2	تسجيل الملاحظات بدقة.				
3	التوصل إلى استنتاجات صحيحة.				
4	التعاون مع زملاء في إنجاز المهمة الموكولة إليهم.				

إجابة سؤال الشكل (8):

معادلة التفاعل:



المناقشة:

- أوظف (فكر - انتق زميلاً - شارك) على النحو الآتي:
فكر: أطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية:
- ما المقصود بتفاعل الإحلال الأحادي؟
تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطاً منه في أحد مركباته أو محاليل أملاحه.
- أعبر عن تفاعل عنصر الحديد مع محلول كبريتات النحاس بمعادلة كيميائية موزونة.



- أعبر عن تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة بمعادلة كيميائية موزونة.



- انتق زميلاً: أطلب إلى أحد الطلاب/ إحدى الطالبات اختيار أحد زملائه/ إحدى زميلاتهما؛ لمناقشة الإجابات وتبادلها في ما بينهما بكتابة الإجابة على ورقة.

- شارك: أطلب إليهم مشاركة ما توصلوا إليه مع زملائهم/ زميلاتهن.
- ناقش الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوّجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، ثم ناقشهم فيها للتوصل إلى أن عنصر الحديد يحل محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج عن ذلك محلول كبريتات الحديد، وترسب ذرات النحاس. وناقشهم في معادلة التفاعل المذكورة.

بناء المفهوم: تفاعل الإحلال الأحادي

- أصمم نموذجاً لتفاعل الإحلال الأحادي باستخدام الكرات، وأعرضه على الطلبة، وأطرح عليهم السؤال الآتي:
- لماذا يحل عنصر محل عنصر آخر أثناء التفاعل الكيميائي؟
• أستمع إلى إجابات الطلبة وناقشهم فيها للتوصل إلى أن العنصر الأكثر نشاطاً كيميائياً يحل محل العنصر الأقل نشاطاً.

أفكر لأن عنصر الخارصين أنشط من عنصر النيكل؛ لذلك تحل أيونات الخارصين محل أيونات النيكل؛ فتترسب ذرات النيكل وينتج محلول كبريتات الخارصين، ويعبر عن ذلك بالمعادلة:

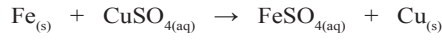
$$\text{Zn}_{(s)} + \text{NiSO}_{4(aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_{4(aq)} + \text{Ni}_{(s)}$$

تحقق:

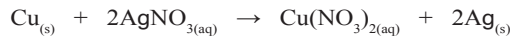
- تفاعل الاتحاد: تفاعل بين مادتين أو أكثر؛ لإنتاج مادة واحدة جديدة.
- تفاعل التحلل: مادة واحدة تتحلل منتجة مادتين أو أكثر.

4 - تفاعل الإحلال الأحادي Single Displacement Reaction

تفاعل الإحلال الأحادي Single Displacement Reaction هو تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطاً منه في أحد مركباته، أو محاليل أملاحه. فمثلاً، عند وضع مسامير من الحديد في محلول كبريتات النحاس (II)، أنظر الشكل (9)، فإن عنصر الحديد يحل محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج من ذلك محلول كبريتات الحديد (II)، وترسب ذرات النحاس، ويعبر عن التفاعل كما في المعادلة الآتية:



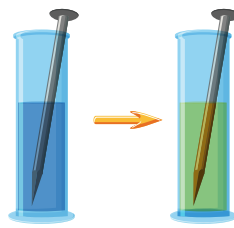
ومن الأمثلة أيضاً، تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة؛ فتنتج نترات النحاس، وترسب ذرات الفضة؛ كما في معادلة التفاعل الآتية:



ويمكن عادةً تمثيل تفاعلات الإحلال بالصورة المبسطة الآتية:



✓ **تحقق:** يتم يختلف تفاعل الاتحاد عن تفاعل التحلل؟



الشكل (9): تفاعل إحلال عنصر الحديد محل أيونات النحاس.

أفكر لماذا تترسب ذرات النيكل Ni عند وضع قطعة من عنصر الخارصين Zn في محلول من كبريتات النيكل (II) NiSO₄؟ أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

التجربة 3

تفاعل الإحلال الأحادي

- المواد والأدوات:** كبريتات النحاس (II) CuSO₄، ماء مقطر، كأس زجاجية بسعة 250 mL، ملعقة، صفيحة خارصين Zn، وأسجل ملاحظاتي.

إرشادات السلامة: ارتدي معطف المختبر، والبيس القفازين، وأضع النظارات الواقية.

- خطوات العمل:**
1. أضغ ملعقة من كبريتات النحاس في الكأس الزجاجية، وأضيف إليها 20 mL من الماء المقطر، ثم أحرك الخليط جيداً حتى يذوب تماماً.

التحليل والاستنتاج:
1- **أفسر:** ماذا حدث للون صفيحة الخارصين ولون المحلول في الكأس الزجاجية؟

2- أكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

18

التجربة 3 تفاعل الإحلال الأحادي

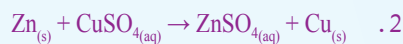
الهدف: استقصاء تفاعل الإحلال الأحادي.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة: توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوّجّه الطلبة في الخطوة (1) إلى أنه يمكن استخدام الميزان ذي الكفتين لوزن (30g) من كبريتات النحاس.
- 1. **اختفاء تدريجي للون المحلول الأزرق، ويظهر اللون البني المحمر؛ نتيجة ترسب ذرات النحاس على صفيحة الخارصين.**



تقويم تجربة تفاعل الإحلال الأحادي

أداة التقويم: قائمة رصد.

استراتيجية التقويم: الملاحظة.

الرقم	معيّار الأداء	نعم	لا
1	تنفيذ إجراءات التجربة بدقة.		
2	التوصل إلى استنتاجات صحيحة.		
3	كتابة معادلة موزونة للتفاعل الذي حدث.		

مراجعة الدرس

2 تعبر عن التفاعلات الكيميائية، وتبين المواد المتفاعلة والناجمة، وكمياتها، وحالاتها الفيزيائية.

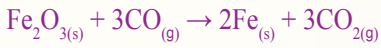
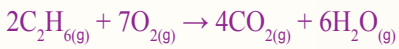
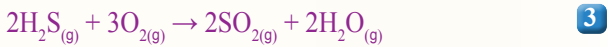
2 تفاعل الاتحاد: تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لِيُنتِجَ مركبًا واحدًا جديدًا.

التفاعل الكيميائي: عملية يحدث فيها تكسير الروابط بين الذرات المتفاعلة وتكوين روابط جديدة بين ذرات المواد الناتجة، ويعاد ترتيب الذرات من دون المساس بنوعها وعددها، وتختلف الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الناتجة عنها للمواد المتفاعلة.

تفاعل التحلل: تحلل مركب واحد بالحرارة أو الكهرباء أو الضوء مُنتِجًا مادتين أو أكثر من العناصر أو المركبات أو كليهما. تفاعل الاحتراق: تفاعل مادة مع غاز الأوكسجين يصاحبه انطلاق طاقة حرارية أو ضوئية.

تفاعل الإحلال الأحادي: يحلّ فيه عنصر نشط محلّ عنصر آخر أقلّ نشاطًا كيميائيًا منه في أحد أملاحه.

قانون حفظ الكتلة: عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها يماثل عددها ونوعها في المواد الناتجة، وهذا يقود إلى أن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة.



4 على الترتيب: الاتحاد، التحلل، الاحتراق (وكذلك يمكن اعتباره اتحادًا)، الإحلال الأحادي.

5 تفاعل الإحلال الأحادي؛ حيث يحلّ العنصر الافتراضي ذو الرمز A محلّ أيونات العنصر ذي الرمز B.

نوع الذرات	عدد الذرات المتفاعلة	عدد الذرات الناتجة
الهيدروجين	4	4
الأوكسجين	2	2

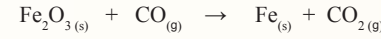
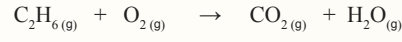
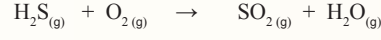
مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسة: أوضح أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة.

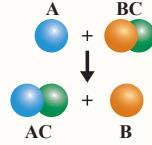
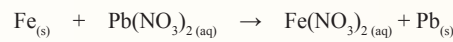
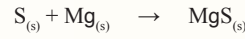
2- أوضح المقصود بكلّ من:

- تفاعل الاتحاد.
- تفاعل الاحتراق.
- التفاعل الكيميائي.
- تفاعل الإحلال الأحادي.
- تفاعل التحلل.
- قانون حفظ الكتلة.

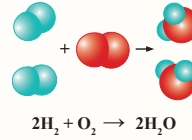
3- أوازن المعادلات الكيميائية الآتية:



4- أصنّف التفاعلات الآتية إلى أنواعها، وهي: (الاتحاد، التحلل، الاحتراق، الإحلال الأحادي):



5- أميّر التفاعل الآتي الموضح في الشكل، وأفسره.



6- أفسر قانون حفظ الكتلة باستخدام التفاعل الآتي:

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* المهارات الحياتية: الوعي الصحي.

أخبر الطلبة أن إرشادات السلامة الخاصة بالتجربة مرتبطة بقضايا الوعي الصحي التي يتعيّن على الجميع الالتزام بها؛ تجنبًا لوقوع أية حوادث، ولذلك يجب التعامل مع المواد والأدوات في المختبر بحذر، والتخلص من النفايات بطريقة آمنة.

الكتلة الذرية النسبية (RAM) Relative Atomic Mass

هل شاهدتُ والدتي وهي تصنعُ قالبًا من الحلوى؟ هل استخدمتُ أداة القياس ذاتها لتحضير جميع المكونات؟ هل عدتُ حبات الدقيق، أو حبات السكر التي استخدمتها؟ أنظر الشكل (10).

لعلني لاحظتُ اختلافَ وحدات القياس المستخدمة في إعداد قالب الحلوى بحسب المكونات وطبيعته؛ فالطحين مثلاً يُقاس بالكتلة، وتعدُّ حبات البيض بالحبة، ويُستخدَم مقياس الحجم للزيوت والحليب والماء، والملعقة للكُميات الصغيرة من الملح ومن كُربونات الصوديوم الهيدروجينية (مسحوق الخَبز).

نستخدمُ في حياتنا اليومية أدواتٍ مختلفةً لقياس الأشياء من حولنا، فيُستخدَم (الميزان) لقياس الكتلة، وتُقاس المسافات وأطوال الأجسام باستخدام المتر أو المسطرة، ونستخدمُ بعض المصطلحات التي تعبرُ عن عددٍ محددٍ من الأشياء مثل: كلمة زوج "pair" التي تدلُّ على العدد اثنين (2) من أيِّ شيءٍ، وكلمة دزينة "dozen" للدلالة على عددٍ اثني عشر (12) من أيِّ شيءٍ قابلٍ للعدِّ، بغضِّ النظر عن المادة المعدودة.

الفكرة الرئيسية:

يرتبطُ مفهومُ المول بالكتلة المولية وكتلة الصيغة، والكتلة الذرية.

نتائج التعلم:

- أوضح مفهوم المول.
- أربط بين المول وعدد أفوجادرو.
- أتعرف الكتلة الذرية النسبية، والكتلة الجزيئية، والكتلة المولية وكتلة الصيغة.
- أوظف مفهوم المول في بعض الحسابات الكيميائية.

المفاهيم والمصطلحات:

Mole	المول
Avogadro's Number	عدد أفوجادرو
Molar Mass (M_r)	الكتلة المولية
Relative Atomic Mass (A_r)	الكتلة الذرية النسبية
	الكتلة الجزيئية
Molecular Mass (M_m)	كتلة الصيغة
Formula Mass (F_m)	

الشكل (10): مكونات قالب حلوى

20

المول والكتلة المولية

The Mole and Molar Mass

تقديم الدرس

1

الفكرة الرئيسية:

- أطلب إلى أحد الطلبة قراءة الفكرة الرئيسية بصوت عالٍ، ثم، أمهد للدرس بالحديث عن مفهوم: الكتلة.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة في ما درسوه سابقاً من: استخدام وحدات القياس للطول والمسافة والزمن والوزن، والكتلة وأبين لهم أن كل صفة فيزيائية لها وحدة قياس خاصة بها. وأذكرهم بوحدات القياس: الطول يقاس بالسنتيمتر والمتر، والمسافة القصيرة بالمتر والمسافة البعيدة بالكيلومتر، والزمن بالثواني والدقائق والساعات، والوزن بالنيوتن، والكتلة بالجرام والكيلوجرام.

التدريس

2

المناقشة:

- أوضح للطلبة أن التفاعلات الكيميائية تستند إلى كميات محددة من المواد المتفاعلة، وعادة يعبر عن هذه الكميات بدلالة الكتلة g أو الحجم cm^3 .

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، ثم أناقشهم في أن إنتاج قالب الحلوى يعتمد على استخدام كميات مناسبة من المواد، وأن هذه الكميات تقاس بأدوات قياس مناسبة.

معلومة إضافية

- أوجّه الطلبة إلى أن إنتاج الأدوية وكذلك الدهانات وصناعات أخرى تعتمد كلها على استخدام كميات دقيقة جداً من المواد المتفاعلة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: إدارة الضغوط

أخبر الطلبة أن إدارة الضغوط تُنمّي مهارات التعلم، مثل: حل المشكلات، وتحديد المهام والأولويات، وإدارة الوقت، والتعامل مع التحديات.

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها؛ ضمن مدة زمنية مقدارها 7 min، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- كيف تم التوصل إلى قياس كتل الذرات المختلفة؟

- كتلة ذرة الكربون الواحدة تساوي 12 وحدة، وكل وحدة سميت وحدة كتلة ذرية، وتُقاس بوحدة amu، وبذلك تعد ذرة الكربون أساسًا لقياس كتل الذرات الأخرى، حيث كتلة ذرة أي عنصر تساوي 1/12 من كتلة ذرة الكربون.

- ما المقصود بالنظائر؟

- ذرات العنصر نفسه لها العدد الذري نفسه، وتختلف في العدد الكتلتي (عدد النيوترونات)

- ما المقصود بالكتلة الذرية النسبية للعنصر؟ وكيف يجري حسابها؟

- هي متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر. وتحسب بمعرفة كتلة النظير ونسبة وجوده في الطبيعة.

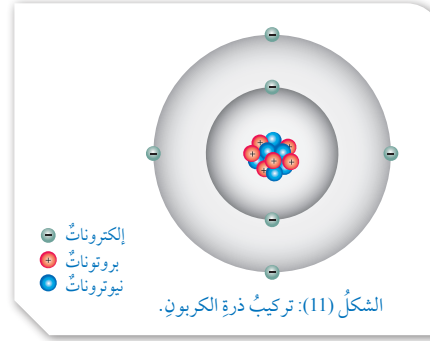
- يعرض أحد الأفراد من كل مجموعة إجابات مجموعته، ثم أناقش الطلبة، للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، ثم أناقشهم في التركيب الإلكتروني لذرة الكربون من حيث: عدد البروتونات والنيوترونات في النواة، وعدد الإلكترونات في مستويات الطاقة حول النواة، وأن كتلة ذرة الكربون تتركز في نواتها.

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، وأوضح لهم أن الكتلة الذرية تحتوي على كسور؛ بسبب وجود نظائر للعنصر، وأنه تستخدم قيم تقريبية؛ لتسهيل التعامل مع كتلة ذرة العنصر.



النظائر: ذرات العنصر نفسه لها العدد الذري نفسه وتختلف في العدد الكتلتي.

الجدول (1): الكتل الذرية النسبية والتقريبية لبعض الذرات.

العنصر	الكتلة الذرية النسبية	الكتلة الذرية التقريبية
H	1.008	1
N	14.007	14
O	15.999	16
Na	22.989	23

الكتلة الذرية للنظير 1: Am_1
الكتلة الذرية للنظير 2: Am_2
نسبة توافر النظير 1: I_1
نسبة توافر النظير 2: I_2

21

وقد توصل العلماء إلى أن ذرة العنصر تتكون من الإلكترونات وبروتونات ونيوترونات متناهية في الصغر، فكتلة كل من البروتون أو النيوترون تقريبًا تساوي $1.67 \times 10^{-24}g$ ، وكتلة الإلكترون تساوي $1/1840$ من كتلة البروتون. ولأن كتلة الذرة صغيرة جدًا؛ فقد وجد العلماء صعوبة في التعامل معها باستخدام أدوات القياس الشائعة، فلجؤوا إلى طريقة لقياس كتلة الذرة بالنسبة إلى كتلة ذرة معيارية، وقد اعتمدوا ذرة الكربون ^{12}C

التي تحتوي على 6 بروتونات و 6 نيوترونات كونها أساسًا لقياس كتل الذرات الأخرى، أنظر الشكل (11). وكتلة هذه الذرة تساوي 12 وحدة سُميت كل منها (وحدة كتلة ذرية) (amu). وبذلك؛ فإن لأي عنصر تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون ^{12}C .

إن كتلة الذرة تعتمد على كتلة البروتونات والنيوترونات فيها؛ وبما أن كتلة البروتون أو النيوترون تساوي 1 amu تقريبًا، لذا يُتوقع أن تكون الكتلة الذرية للعنصر رقمًا صحيحًا، ولكن القيم المقاسة تحتوي عادةً على كسور؛ نظرًا إلى وجود نظائر للعنصر لها كتل مختلفة؛ ولذلك فإن متوسط كتلتها ليس رقمًا صحيحًا.

وبهذا تم حساب الكتلة الذرية النسبية (Am) وهي متوسط الكتل الذرية لنظائر ذرة عنصر ما.

وعند حساب الكتلة الذرية النسبية للعنصر، يجب مراعاة نظائره ونسب توافرها في الطبيعة؛ فالكتل الذرية التي تُستخدم في الجدول الدوري تُعبر عن متوسط الكتل الذرية النسبية لنظائر ذرات العنصر. ولتسهيل التعامل معها نستخدم قيمًا تقريبية كما في الأمثلة الواردة في الجدول (1).

وتُقاس الكتلة الذرية النسبية بوحدة الكتل الذرية amu. أو (g).

الكتلة الذرية النسبية $Am = \frac{\text{نسبة توافره في الطبيعة} \times \text{الكتلة الذرية للنظير}}{100}$

$+ \frac{\text{نسبة توافره في الطبيعة} \times \text{الكتلة الذرية للنظير}}{100}$

$$Am = (Am_1 \times \frac{I_1}{100}) + (Am_2 \times \frac{I_2}{100})$$

الكتلة الذرية

طريقة أخرى للتدريس

- أحضر نموذجًا للجدول الدوري للعناصر، وأعلقه على اللوح مثلاً، ثم أقرن للطلبة بين قيمة الكتلة الذرية المذكورة في الجدول لعدد من العناصر وبين القيمة التقريبية لها، ثم أوضح لهم أن الكتلة الذرية لأي عنصر يمكن استنتاجها من الجدول الدوري مباشرة، ووحدة قياسها amu أو g، وكذلك يمكن استنتاجها من مجموع البروتونات والنيوترونات في ما يسمى بالعدد الكتلتي الذي يساوي تقريبًا قيمة الكتلة الذرية للعنصر.

إهداء للمعلم / للمعلمة

تدرجت جهود العلماء في اختيار الوحدة المناسبة لقياس كتل ذرات العناصر؛ ففي البداية اقترح العالم دالتون ذرة الهيدروجين، ثم اقترح العالم استون ذرة الأكسجين. ثم اعتمد الاتحاد الدولي للكيمياء التطبيقية ذرة الكربون ^{12}C بصفقتها وحدة قياس للكتل الذرية؛ وذلك لأن هذه الذرة هي الأكثر استقرارًا في الطبيعة.

المناقشة:

- أقسّم الطلبة مجموعات، مُستخدِمًا (اثن - مرر)، ثم أكتب الأسئلة الآتية على قصاصات كرتونية.
- ما المقصود بالكتلة الجزيئية M_m ، وكيف يجري حسابها؟ مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية، وأبين لهم أنه يمكن حساب الكتلة الجزيئية باستخدام العلاقة الآتية: $\text{الكتلة الجزيئية} = (\text{الكتلة الذرية للعنصر} \times \text{عدد ذراته}) + (\text{الكتلة الذرية للعنصر} \times 2 \times \text{عدد ذراته}) + \dots$
- أزود كل مجموعة بورقة منها، وأطلب إلى أحد أفرادها كتابة إجابة السؤال وتمير الورقة إلى زميله ليكتب إجابته؛ وأحدد لهم وقتاً مناسباً، ثم أطلب إليهم التوقف عن تمرير الورقة ليقراً الطالب الأخير الإجابات.
- أجري مناقشة مع الطلبة، مُوضِّحاً لهم مفهوم الكتلة الجزيئية.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، وأناقشهم في مجموع الكتلة الذرية لكل من الأكسجين والهيدروجين، وأنه يساوي الكتلة الجزيئية للماء.

تحقق:

الكتلة الجزيئية للجزيء $C_6H_{12}O_6$ ، الكتل الذرية $(O = 16, C = 12, H = 1)$.

$$\begin{aligned} M_m &= (A_{m_H} \times N) + (A_{m_C} \times N) + (A_{m_O} \times N) \\ &= (12 \times 1) + (12 \times 6) + (16 \times 6) \\ &= 12 + 72 + 96 = 180 \text{ amu} \end{aligned}$$

المثال 3

إذا علمت أنّ من نظائر عنصر الليثيوم في الطبيعة النظير ${}^6\text{Li}$ ، وأنّ كتلته الذرية = 6.02 بنسبة 7.5%، والنظير ${}^7\text{Li}$ وأنّ كتلته الذرية = 7.02 بنسبة 92.5%، فأحسب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الليثيوم.

الحل:

$$\begin{aligned} A_m &= \left(\frac{7.5}{100} \times 6.02 \right) + \left(\frac{92.5}{100} \times 7.02 \right) \\ A_m &= 0.4515 + 6.4935 = 6.945 \text{ amu} \end{aligned}$$

الكتلة الجزيئية (M_m)

تختلف المركبات الكيميائية بحسب أنواع الذرات المكوّنة لها وأعدادها. وبمعرفة الصيغة الجزيئية للمركب، فإنّه يمكن حساب الكتلة الجزيئية للجزيء الواحد في المركب التساهمي.

وتعرّف **الكتلة الجزيئية (M_m)** Molecular Mass بأنها مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية مقبسة بوحدة amu فمثلاً الكتلة الجزيئية لجزيء الماء H_2O تُحسب كما يأتي: $\text{الكتلة الجزيئية } M_m = (\text{الكتلة الذرية للهيدروجين} \times \text{عدد الذرات}) + (\text{الكتلة الذرية للأكسجين} \times \text{عدد الذرات})$

$$\begin{aligned} M_m &= A_{m_H} \times N + A_{m_O} \times N \\ M_m &= (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ amu} \end{aligned}$$

ويوضّح الشكل (12) الكتل الذرية النسبية للهيدروجين والأكسجين.

عدّد الجسيمات: N

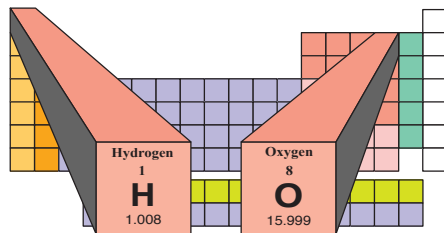
الكتلة الذرية النسبية: A_m

تحقق: أحسب الكتلة

الجزيئية لجزيء الجلوكوز



الشكل (12): الكتل الذرية النسبية للهيدروجين والأكسجين.



22

- أناقش الطلبة في المثال (3)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

أحسب الكتلة الذرية لعنصر من المعلومات الآتية لنظائره، ونسبة وجودها في الطبيعة:

نسبة وجوده %	الكتلة الذرية للنظير
92.21	27,977
4,70	28,971
3,09	29,974

الحل:

$$\frac{(27.977 \times 92.21) + (28.971 \times 4.70) + (29.974 \times 3.09)}{100} = 28.08 \text{ amu}$$

الكتلة الجزيئية

طريقة أخرى للتدريس

- أقسّم الطلبة إلى مجموعات ثنائية، وأوزّع عليهم بطاقات تتضمن: تعريف الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية، وحساب الكتلة الجزيئية لعدد من المركبات مثل: $K_2Cr_2O_7, HNO_3, FeSO_4, NH_4Cl$ ثم أطلب إليهم إجابة أسئلة البطاقة، ثم أناقشهم فيها؛ للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

الإجابة:

$$K = 39, N = 14, O = 16, Cl = 35.5, H = 1,$$

$$Cr = 52, Fe = 56, S = 32 \text{) amu}$$

$$K_2Cr_2O_7: 294, HNO_3: 63$$

$$FeSO_4: 152, NH_4Cl: 53.5$$

22

المثال 4

أحسب الكتلة الجزيئية للجزيء HNO_3 علمًا بأن الكتل الذرية لذرات العناصر بوحدة amu هي: (O = 16 , N = 14 , H = 1).

الحل:

يلاحظ أن الجزيء HNO_3 يتكون من ذرة هيدروجين H وذرة نيتروجين N، وثلاث ذرات أكسجين O. وبذلك نحسب الكتلة الجزيئية له على النحو الآتي:
الكتلة الجزيئية = (الكتلة الذرية للهيدروجين × عدد الذرات) + (الكتلة الذرية للنيتروجين × عدد الذرات) + (الكتلة الذرية للأكسجين × عدد الذرات).

$$\begin{aligned} M_m &= A_{m_H} \times N + A_{m_N} \times N + A_{m_O} \times N \\ &= (1 \times 1) + (14 \times 1) + (16 \times 3) \\ &= 1 + 14 + 48 = 63 \text{ amu} \end{aligned}$$

كتلة الصيغة (Fm) Formula Mass

ترتبط الأيونات الموجبة والسالبة بروابط أيونية، وتسمى الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني وحدة الصيغة الكيميائية Chemical Formula Unit وتمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب الأيوني. ويُعرف مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية بكتلة الصيغة Formula Mass (Fm)، وتُقاس بوحدة amu. تُحسب كتلة الصيغة بالطريقة نفسها المتبعة لحساب الكتلة الجزيئية.

✓ **أنتحق:** أحسب كتلة الصيغة للمركب NaCl.

المثال 5

أحسب كتلة الصيغة للمركب $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

الحل:

الكتل الذرية بوحدة amu: (Al = 27 , N = 14 , O = 16)

$$\begin{aligned} M_m &= A_{m_{Al}} \times N + A_{m_N} \times N + A_{m_O} \times N \\ F_m &= (27 \times 1) + (14 \times 3) + (16 \times 9) \\ &= 27 + 42 + 144 = 213 \text{ amu} \end{aligned}$$

23

✓ **أنتحق:**

كتلة الصيغة للمركب NaCl، الكتل الذرية (Cl = 35.5 , Na = 23).

$$\begin{aligned} F_m &= (A_{m_{Na}} \times N) + (A_{m_{Cl}} \times N) \\ &= (23 \times 1) + (35.5 \times 1) = 58.5 \text{ amu} \end{aligned}$$

ورقة العمل (2)

أستخدم التعلم التعاوني، وأقسم الطلبة في مجموعات، ثم أوزع عليهم ورقة العمل (2) المدرجة في الملحق، وأوجههم إلى الحل جماعياً والمناقشة في الحل، وأحدد لهم 10 min، ثم أوجه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها، ثم أناقش المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

• أناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أوجههم إلى حل المثال الإضافي الآتي:

مثال إضافي

أحسب الكتلة الجزيئية للجزيء HClO_2 ؛ علمًا بأن الكتل الذرية (O = 16 , Cl = 35.5 , H = 1).

الحل:

$$\begin{aligned} M_m &= (A_{m_H} \times N) + (A_{m_{Cl}} \times N) + (A_{m_O} \times N) \\ &= (1 \times 1) + (35.5 \times 1) + (16 \times 2) \\ &= 1 + 35.5 + 32 = 68.5 \text{ amu} \end{aligned}$$

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بكتلة الصيغة Fm؟ مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني.
- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبين لهم أن كتلة الصيغة تستخدم لحساب كتل المركبات الأيونية، وهي تساوي مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني.

• أناقش الطلبة في المثال (5) ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

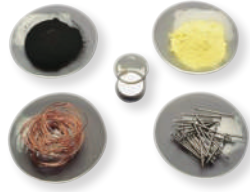
مثال إضافي

أحسب كتلة الصيغة للمركب KBr؛ علمًا بأن الكتل الذرية (K = 39 , Br = 80).

الحل:

$$\begin{aligned} F_m &= (A_{m_K} \times N) + (A_{m_{Br}} \times N) \\ &= (39 \times 1) + (80 \times 1) = 119 \text{ amu} \end{aligned}$$

- أطلب إلى الطلبة تحيل عدد حبات السكر في (1Kg) منه، أو عدد حبات الأرز في كيس منه. وأطرح عليهم السؤال الآتي: هل يمكن أن نحصي عدد حبات السكر أو الأرز في كيس منها؟
أقبل منهم الإجابات، كما هي بدون مناقشة ثم أناقشهم في استخدام مفهوم المول؛ بصفته وحدة دولية لقياس كمية المادة.



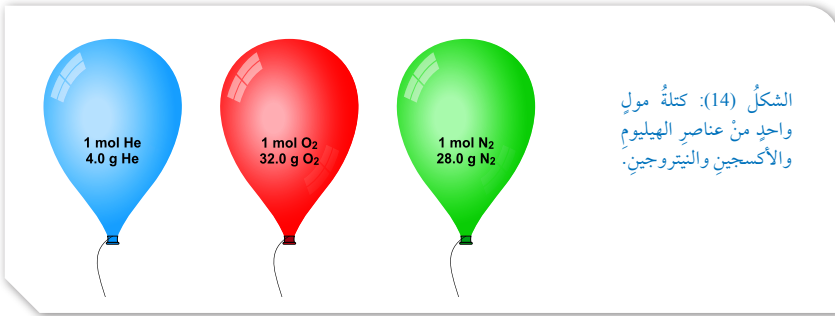
الشكل (13): مول واحد من عناصر مختلفة.

المول The Mole

تسمى الوحدة الدولية التي تُستخدم في قياس كمية المادة **المول (Mole)**، ويساوي عدد ذرات الكربون ^{12}C التي توجد في 12 g منه. وقد توصل الفيزيائي الإيطالي أفوجادرو إلى أن المول الواحد من المادة يحتوي 6.022×10^{23} من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة. وسمي هذا العدد **عدد أفوجادرو** **Avogadro's Number** تكريمًا له، ويرمز إليه بالرمز N_A .
يختلف المول الواحد لكل من الحديد وملح الطعام والماء في أنواع الجسيمات وكتلتها التي يتكون منها، كما يبين الشكل (13).

وبناءً عليه؛ فإن كتلة المول الواحد تختلف من مادة إلى أخرى، إلا أنها تحوي العدد نفسه من الجسيمات N يساوي عدد أفوجادرو، مثلاً كتلة مول من الهيليوم 4 g تحوي عدد أفوجادرو من ذرات الهيليوم، وكتلة مول من الأكسجين 32 g تحوي عدد أفوجادرو من جزيئات الأكسجين، كما يبين الشكل (14).

اضطلع على استخدام مفهوم **الكتلة المولية Molar Mass** للدلالة على كتلة المول الواحد من المادة؛ ويرمز إليها بالرمز (M_r) وتُقاس بوحدة g/mol، فمثلاً، كتلة المول الواحد من ذرات العنصر تسمى الكتلة المولية للعنصر، وهي تساوي عددًا ذريته، فمثلاً، إن مولاً واحداً من ذرات عنصر المغنيسيوم يحوي عدد أفوجادرو من ذرات المغنيسيوم، وكتلته 24 g.



الشكل (14): كتلة مول واحد من عناصر الهيليوم والأكسجين والنيتروجين.

24

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 5 min، وأطرح عليهم السؤالين الآتيين:
- ما عدد الجسيمات الموجودة في مول واحد من المادة؟
المول الواحد من المادة يحوي (6.022×10^{23}) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة. وسمي هذا العدد بعدد أفوجادرو.
- ما المقصود بالكتلة المولية؟

أن المول الواحد من المادة له كتلة تسمى الكتلة المولية، ويرمز إليها بالرمز: (M_r) ، وتُقاس بوحدة (g/mol) وأبين لهم أن الكتلة المولية للعنصر تساوي عددًا ذريته، وأن الكتلة المولية للجزيء تساوي عددًا ذريته الجزيئية. فمثلاً مول واحد من عنصر الصوديوم يحوي عدد أفوجادرو من الذرات وكتلته المولية (23 g).

- أناقش الطلبة في إجاباتهم للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، وأوضح لهم أن المول يختلف في نوع الجسيمات التي يتكون منها من مادة إلى أخرى؛ فمثلاً جسيمات مول من الحديد تختلف عن جسيمات مول من الصوديوم من حيث نوع الجسيمات، ولكن عدد الجسيمات في كل منها هو عدد أفوجادرو.

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (14)، وأوضح لهم أن المول الواحد من المادة يختلف في كتلته عن مول من مادة أخرى سواء كانت المادة عناصر أم جزيئات؛ أي أن المواد تختلف عن بعضها في كتلتها المولية.

الكتلة المولية

طريقة أخرى للتدريس

- أقرن بين (1 mol) من كل من المغنيسيوم، الماء، وكلوريد الصوديوم كما في الجدول، ثم أناقش الطلبة؛ للتوصل إلى أن كتلة المول الواحد من العنصر أو الجزيء أو المركب تحوي عدد أفوجادرو من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات، وأن كتلة المول الواحد تختلف من مادة لأخرى.

الجسيمات	Mg	H ₂ O	NaCl
كتلة المول الواحد	24 g	18 g	58.5 g
عدد الجسيمات في المول	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}
نوع الجسيمات	ذرات	جزيئات	أيونات موجبة وسالبة

المناقشة:

● أوظف التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 5 min، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما العلاقة الرياضية التي تربط عدد الجسيمات (N) بعدد المولات (n) بعدد أفوجادرو (NA)؟

عدد الجسيمات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

$$N = NA \times n$$

المول الواحد من المادة يحوي (6.022 × 10²³) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة. وسُمِّي هذا العدد بعدد أفوجادرو.

- ما العلاقة الرياضية التي تربط عدد المولات (n) بكتلة المادة (m) بكتلتها المولية (Mr)؟

عدد المولات = كتلة المادة / كتلتها المولية

$$n =$$

● أجري مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

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

مثال إضافي

● أحسب عدد مولات ثاني أكسيد الكربون CO₂ التي تحتوي على 9.022 × 10²³ جزيء.

الحل:

$$N = N_A \times n$$

$$9.022 \times 10^{23} = 6.022 \times 10^{23} \times n$$

$$n = 1.5 \text{ mol}$$

أفكر

ذرات: Na

جزيئات: N₂

أيونات: K⁺

وحدات صيغة: NaCl

وكتلة المول الواحد من الجزيء تُسمى الكتلة المولية للجزيء، وتساوي عددًا كتلته الجزيئية، فمثلاً، مول واحد من جزيئات CO₂ يحوي عدد أفوجادرو من جزيئات CO₂ وكتلته 44 g. ويرتبط عدد المولات (n) بعلاقة رياضية مع عدد أفوجادرو (N_A) وعدد الجسيمات (N) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة، كما يأتي:

عدد الجسيمات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

$$N = N_A \times n$$

وكذلك يرتبط عدد مولات المادة (n)، بكتلة المادة (m) مقيسةً بوحدة g وكتلتها المولية (M_r)، كما يأتي:

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلتها المولية}}$$
$$n = \frac{m}{M_r}$$

المثال 6

أحسب عدد مولات الكربون في عينة منه تحتوي على 3.01 × 10²³ ذرات.

الحل:

$$\text{عدد مولات الكربون} = \frac{\text{عدد ذرات الكربون}}{\text{عدد أفوجادرو}}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$n = \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5 \text{ mol}$$

توظيف التكنولوجيا

أوجه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن فيديوهات تعليمية، أو عروض تقديمية عن مخططات مفاهيمية تتعلق بالكتلة الذرية، والكتلة الجزيئية، والكتلة المولية، وعدد المولات، وعدد الجزيئات، وعدد أفوجادرو، والحسابات الكيميائية المتعلقة بها، وأشرك الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو باستخدام أحد التطبيقات المناسبة، أو أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



المثال 7

أحسب عددَ الجزيئات الموجودة في 3 mol من غاز الميثان CH_4 :

الحل:

$$\begin{aligned} N &= N_A \times n \\ &= 6.02 \times 10^{23} \times 3 \\ &= 1.806 \times 10^{24} \text{ جزيء} \end{aligned}$$

المثال 8

أحسب كتلة مول من جزيئات H_2O ؛ علمًا بأنَّ الكتلة الذرية بوحدة amu لكلٍّ من $\text{O} = 16$, $\text{H} = 1$.

الحل:

كتلة مول من جزيئات الماء تمثل كتلته المولية وتُحسب بطريقة حساب الكتلة الجزيئية نفسها.

$$M_r = (16 \times 1) + (1 \times 2) = 18 \text{ g/mol}$$

✓ أنصحق:

عينة من مركب ما كتلتها 4 g، والكتلة المولية M_r للمركب 40 g/mol،
فما عدد المولات n؟

26

• أناقش الطلبة في المثالين (7 و 8)، ثم أوجههم إلى حل
المثالين الآتين:

مثال إضافي

أحسب عدد الذرات الموجودة في 2 mol من عنصر

الألمنيوم Al

الحل:

$$\begin{aligned} N &= N_A \times n \\ &= 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24} \text{ atoms} \end{aligned}$$

مثال إضافي

أحسب الكتلة المولية للمركب CaCO_3 ؛ علمًا بأنَّ الكتل

الذرية بوحدة amu ($\text{O} = 16$, $\text{C} = 12$, $\text{Ca} = 40$).

الحل:

$$M_r = (16 \times 3) + (12 \times 1) + (40 \times 1) = 100 \text{ g/mol}$$

✓ أنصحق:

$$\begin{aligned} N &= N_A \times n \quad .1 \\ &= 6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 10^3 \\ &= 6.022 \times 10^{26} \text{ atoms} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{m}{M_r} \quad .2 \\ &= \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol} \end{aligned}$$

مراجعة الدرس

1 كتلة المول الواحد من الجزيء تسمى الكتلة المولية للجزيء، وتساوي عددياً كتلته الجزيئية، فمثلاً؛ الكتلة الجزيئية لجزيء الماء تساوي 18 g وكتلته المولية تساوي 18 g/mol

2 الكتلة الذرية: متوسط الكتل الذرية لنظائر ذرة عنصر ما.

الكتلة الجزيئية: مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية مقيسة بوحدة amu.

الكتلة المولية: كتلة المول الواحد من المادة وتقاس بوحدة g/mol.

كتلة الصيغة: مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية، وتقاس بوحدة amu.

المول: عدد أفوجادرو من الذرات أو الأيونات أو الجزيئات.

3 $C_2H_5OH = 46 \text{ g/mol}$, $CH_4 = 16 \text{ g/mol}$

4 $Mg(NO_3)_2 = 148 \text{ g/mol}$, $Ca(OH)_2 = 74 \text{ g/mol}$

5 $n = 3 \text{ mol}$

6 0.1 مول كتلته 2.7 g

7 $N = 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$

8 $N = 6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 10^3 = 6.022 \times 10^{26} \text{ atoms}$

مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسة: أوضح العلاقة بين الكتلة الجزيئية والكتلة المولية.

2- أوضح المقصود بكل من:

• الكتلة الذرية. • الكتلة الجزيئية. • الكتلة المولية. • كتلة الصيغة. • المول.

3- استخدم الأرقام: أحسب الكتلة المولية (M_r) لكل من CH_4 , C_2H_5OH . علمًا بأن الكتل الذرية بوحدة amu ($C = 12, H = 1, O = 16$).

4- استخدم الأرقام: أحسب كتلة الصيغة (F_m) للمركبين: $Mg(NO_3)_2$, $Ca(OH)_2$. علمًا بأن الكتل الذرية بوحدة amu ($Ca = 40, H = 1, O = 16, Mg = 24, N = 14$).

5- استخدم الأرقام: أحسب عدد المولات (n) الموجودة في 72 g من عنصر المغنيسيوم.

6- استخدم الأرقام: أحسب كتلة 0.1 mol من ذرات الألمنيوم.

7- استخدم الأرقام: أحسب عدد جزيئات NH_3 الموجودة في 2 mol منها.

8- استخدم الأرقام: أحسب عدد ذرات عنصر البوتاسيوم K الموجودة في $1 \times 10^3 \text{ mol}$ منه؟

9- استخدم الأرقام: أكمل الجدول الآتي المتعلق بالتفاعل: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$

H_2	Cl_2	HCl	
			عدد المولات n
			عدد الجزيئات N
			الكتلة المولية M_r

H_2	Cl_2	HCl	
1	1	2	عدد المولات
عدد أفوجادرو	عدد أفوجادرو	عدد أفوجادرو	عدد الجزيئات
2 g/mol	71 g/mol	36.5 g/mol	الكتلة المولية

الحسابات المبنية على الكميات

Calculations Based on Quantities

تُعدُّ المعادلة الكيميائية الموزونة الركيزة الأساسية للحسابات الكيميائية، ويمكنُ عن طريقها تحديدُ عددِ مولاتِ المواد المتفاعلة والنتيجة؛ فيسهلُ في تحديدِ كتلتها بدقة، وكذلك في تحديدِ النسبة المئوية لكتلة عنصرٍ في مركبٍ، وتحديدِ المردودِ المئويِّ لنتائج تفاعلٍ ما.

النسبة المئوية لكتلة العنصر Percent Composition

عندَ تفحصك بطاقة المعلومات الملصقة على عبوات ماء الشربِ مثلاً، ستلاحظُ أنه مكتوبٌ عليها أسماءُ المواد المكونة له، ونسبة وجودها في حجمٍ معينٍ في العبوة. ويشبهُ هذا الحالُ المركبات الكيميائية؛ حيثُ تتكوّنُ من عناصرٍ محددةٍ بنسبٍ معينة. ويُجرى بعضُ الكيميائيين الأبحاث المتنوعة لمعرفة المكونات الأساسية للمادة لتحديد العناصر الداخلة في تركيبها، والنسبة المئوية لكتل هذه العناصر؛ فيسهلُ في معرفة الصيغة الكيميائية للمركب وتطوير خصائصه وتحسينها. وتُعرفُ النسبة المئوية لكتلة العنصر Percent Composition بأنها نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب. وتُحسبُ هذه النسبة لأيِّ عنصرٍ بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب مضروبةً في (100%)، ويمكنُ التعبيرُ عن ذلك بالقانون الآتي:

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

$$\text{Percent Composition} = \frac{m.\text{element}}{m.\text{Compound}} \times 100\%$$

الفكرة الرئيسية:

يمكنُ حسابُ نسبِ المواد المتفاعلة والنتيجة وكمياتها في التفاعلات المختلفة بالاعتماد على المعادلة الكيميائية الموزونة.

نتائج التعلم:

- أحسب النسبة المئوية لكتلة عنصرٍ في مركبٍ.
- أحددُ الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركبِ.
- أحسب عدد مولات مركبٍ وكتلته المتفاعلة أو الناتجة.
- أحسب المردود المئوي للتفاعلِ.

المفاهيم والمصطلحات:

النسبة المئوية بالكتلة	Percent Composition
الصيغة الأولية	Empirical Formula
الصيغة الجزيئية	Molecular Formula
النسبة المولية	Mole Ratio
المردود المئوي	Percentage Yield
المردود المتوقع	Predict Yield
المردود الفعلي	Yield Actual

ما العلاقة الرياضية لقانون النسبة المئوية بالكتلة؟

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

$$\text{Percent Composition} =$$

- أجزى مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التحليل

أوجّه الطلبة أثناء حل الأسئلة إلى أنه يجب توظيف مهارات التحليل لمعطيات السؤال وتفحص المعلومات، والربط بينها، ثم تحديد العلاقات المرتبطة بها؛ للتوصل إلى نتائج صحيحة ومنطقية.

الحسابات الكيميائية
Stoichiometry

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسية، ثم أمهّد للدرس بالحديث عن أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في حساب الكميات الدقيقة من المواد المتفاعلة والنتيجة، وأعطى مثالاً على ذلك تحضير الطعام من كميات محددة من المواد.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة فيما تعلموه عن موازنة المعادلة الكيميائية، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

ما أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة؟ توضح المعادلة الكيميائية الموزونة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وصيغتها الكيميائية وعدد مولات كل منها، والحالة الفيزيائية للمواد. والنسب التي تتفاعل بها المواد.

2 التدريس

نشاط سريع

- أطلب إلى الطلبة تشكيل مجموعات رباعية، وأوزع عليهم عبوات عصير مختلفة وزجاجات ماء أو عبوات دواء فارغة عليها ملصق، ثم أسألهم عن أسماء المكونات المكتوبة على الملصق، ونسب وجودها.

المناقشة:

- أوظف إستراتيجية التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 5 min، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

ما المقصود بالنسبة المئوية لكتلة العنصر؟

- نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.
- ما أهمية معرفة النسبة المئوية لكتلة العنصر في مركب؟
- معرفة النسبة المئوية لكتل العناصر الداخلة في تركيب مركب ما، وهذا يساهم في معرفة الصيغة الكيميائية للمركب، وتطوير خصائصه وتحسينها.

المثال 9

عينة نقية من مركب كبريتيد الحديد FeS تكونت من تفاعل 6.4 g من عنصر الحديد مع 3.2 g من عنصر الكبريت. أحسب النسبة المئوية بالكتلة لكل من العنصرين Fe و S في العينة؟
الحل:

أحسب كتلة المركب كبريتيد الحديد FeS كما يأتي:

$$\begin{aligned} m(\text{FeS}) &= m(\text{Fe}) + m(\text{S}) \\ &= 6.4 + 3.2 \\ &= 9.6 \text{ g} \end{aligned}$$

• أحسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر Fe كما يأتي:

$$\begin{aligned} \text{Fe}\% &= \frac{m.\text{element}}{m.\text{Compound}} \times 100\% \\ &= \frac{6.4}{9.6} \times 100\% = 67\% \end{aligned}$$

• أحسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر S كما يأتي:

$$\text{S}\% = \frac{3.2}{9.6} \times 100\% = 33\%$$

يُلاحظ أن مجموع النسب المئوية بالكتلة للعناصر المكونة للمركب تساوي 100%.

وبمعرفة صيغة المركب وكتلته المولية يمكن حساب نسبة العنصر في المثال الآتي:

المثال 10

أحسب النسبة المئوية لكل من عنصري الكربون والهيدروجين في جزيء الغلوكوز الذي صيغته $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ وكتلته المولية؛ 180 g/mol علمًا بأن الكتل الذرية بوحدة amu ($\text{C} = 12, \text{O} = 16, \text{H} = 1$).

الحل:

$$\text{C}\% = \frac{72}{180} \times 100\% = 40\%$$

$$\text{H}\% = \frac{12}{180} \times 100\% = 6.67\%$$

✓ أتتحقق:

- 1- أحسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر H في مركب كتلته 4.4 g ويحتوي على 0.8 g منه.
- 2- أحسب النسبة المئوية لعنصر الأكسجين في جزيء الغلوكوز الذي صيغته $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

29

المناقشة:

• أناقش الطلبة في المثالين 9 و 10 وأبين لهم كيفية حساب النسبة المئوية للعناصر المذكورة بتطبيق القانون مؤكدًا أن مجموع النسب المئوية للعناصر في مركب ما تساوي 100%

• أ طرح على الطلبة السؤال الآتي: هل يمكن حساب النسبة المئوية لعنصر الأكسجين في المثال 10؟

• أوجه الطلبة إلى الإجابة الصحيحة بجمع نسبتي الكربون والهيدروجين، ثم طرح الناتج من 100

$$40 + 6.67 = 46.67$$

$$100 - 46.67 = 53.33$$

• أوجه الطلبة إلى التأكد من حساب النسبة من القانون:

$$\frac{96}{180} \times 100\% = 53.33\%$$

• أوجه الطلبة إلى حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

أحسب نسبة كل من: الكربون والأكسجين في عينة نقية كتلتها 8.8 g تتكون من 2.4 g كربون و 6.4 g أكسجين.

الحل:

$$\text{C}\% = \frac{2.4}{8.8} \times 100\% = 27.3\%$$

$$\text{O}\% = \frac{6.4}{8.8} \times 100\% = 72.7\%$$

مثال إضافي

أحسب نسبة كل من: الكربون والأكسجين في عينة نقية من CO_2 كتلته المولية 44 g.

الحل:

$$\text{C}\% = \frac{12}{44} \times 100\% = 27.3\%$$

$$\text{O}\% = \frac{32}{44} \times 100\% = 72.7\%$$

✓ أتتحقق:

$$\frac{0.8}{4.4} \times 100\% = 18.2\%$$

1.

$$M_r(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ g/mol}$$

2.

الكتلة المولية للأكسجين: $6 \times 16 = 96 \text{ g/mol}$

$$\frac{96}{180} \times 100\% = 53.3\%$$

تعريف: الصيغة الكيميائية للمركب

- أكتب على اللوح صيغةً كيميائيةً لعدد من المركبات، ثم أشرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
 - ما نوع الذرات المكونة للمركب؟ وما عددها؟
 - أتقبل إجابات الطلبة، وأوجههم إلى الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
 - ما المقصود بكل من الصيغة الكيميائية للمركب والصيغة الأولية؟
 - الصيغة الكيميائية طريقة للتعبير عن عدد ذرات العناصر المكونة له ونوعها، وأن الصيغة الأولية تمثل أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب.

- ناقش الطلبة في المثاليين (11 و 12)، مبيّنًا لهم طريقة الحل التفصيلية:
 - خطوة 1- كتابة النسبة المئوية لكل عنصر أو كتلة العنصر حسب المطلوب في السؤال.
 - خطوة 2- حساب عدد مولات العنصر.
 - خطوة 3- حساب أبسط نسبة عددية صحيحة؛ وذلك بقسمة عدد مولات كل عنصر على القيمة الأقل لعدد المولات.
- أوجه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

- ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من 94.1% من الأكسجين، و 5.9% من الهيدروجين؛ علمًا بأن الكتلة الذرية (O = 16, H = 1)؟
- الحل:

	H	O
النسبة المئوية لكل عنصر	5.9	94.1
عدد مولات كل عنصر	$\frac{5.9}{1} = 5.9$	$\frac{94.1}{16} = 5.9$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية HO

الصيغة الكيميائية للمركب Chemical Formula

تعدّ الصيغة الكيميائية للمركب طريقةً للتعبير عن عدد ذرات العناصر المكونة له ونوعها؛ حيث يظهر في الصيغة الرمز الكيميائي للعنصر، وعدد ذراته.

الصيغة الأولية Empirical Formula

تُسمّى الصيغة التي تدلّ على أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب **الصيغة الأولية Empirical Formula**، ويمكن حسابها مثلًا في المثاليين الآتيين:

المثال 1

ما الصيغة الأولية لمركب هيدروكربونيّ يحتوي على (60 g) كربونًا، و (20 g) هيدروجينًا؛ علمًا بأنّ الكتلة الذرية بوحدة amu (C = 12, H = 1)؟

الحل: أتبع الإجراءات المبسطة الآتية:

	C	H
أكتب كتلة كل عنصر من العناصر المذكورة في السؤال.	60	20
أجد عدد مولات كل عنصر؛ حيث (n = $\frac{m}{M_r}$).	$\frac{60}{12} = 5$	$\frac{20}{1} = 20$
أجد أبسط نسبة عددية صحيحة (أقسم عدد مولات العنصر على القيمة الأقل لعدد المولات).	$\frac{5}{5} = 1$	$\frac{20}{5} = 4$

ولأنّ النسبة بين ذرات C : H هي 1:4 على الترتيب؛ فإنّ الصيغة الأولية للمركب هي CH₄.

المثال 2

ما الصيغة الأولية لمركب يتكوّن من 40% من الكالسيوم، و 12% من الكربون، و 48% من الأكسجين؛ علمًا بأنّ الكتلة الذرية بوحدة amu (Ca = 40, O = 16, C = 12)؟

	Ca	C	O
أكتب النسبة المئوية لكل عنصر.	40	12	48
أجد عدد مولات كل عنصر؛ حيث (n = $\frac{m}{M_r}$).	$\frac{40}{40} = 1$	$\frac{12}{12} = 1$	$\frac{48}{16} = 3$
أجد أبسط نسبة عددية صحيحة (أقسم عدد مولات العنصر على القيمة الأقل لعدد المولات).	1	1	3

وبذلك تكون الصيغة الأولية للمركب CaCO₃.

30

إهداء للمعلم / للمعلمة

لبعض المركبات المختلفة الصيغة الأولية نفسها؛ فمثلًا مركبا الإيثانين C₂H₂ والبنزين C₆H₆ لهما الصيغة الأولية CH، وكذلك المركبات ميثانال CH₂O وحمض الإيثانويك C₂H₄O₂ والجلوكوز C₆H₁₂O₆ لها الصيغة الأولية CH₂O.

الصيغة الجزيئية Molecular Formula

من الملاحظ أن الصيغة الأولية تدل على أبسط نسبة عددية صحيحة لذرات العناصر في المركب، وقد لا تُبين العدد الفعلي لهذه الذرات؛ فمثلاً، قد تكون الصيغة الأولية لأحد الجزيئات CH_3 ، ولكن لا يوجد في الطبيعة جزيء صيغته CH_3 ، وإنما مضاعفات من عدد ذرات الكربون والهيدروجين، وفي الواقع فإن الجزيء الواحد من هذا المركب يحتوي على ست ذرات H وذرتي C، وعليه، تكون صيغته الفعلية C_2H_6 ، وتسمى **الصيغة الجزيئية Molecular Formula** للمركب، وهي صيغة تُبين الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها.

المثال 13

ما الصيغة الأولية، والصيغة الجزيئية لمركب هيدروكربوني يتكوّن من 85.7% من الكربون، و 14.3% من الهيدروجين، علمًا بأن الكتل الذرية بوحدة (amu) ($H = 1, C = 12$)، والكتلة المولية للمركب 56 g/mol؟

الحل:

	C	H
أكتب النسبة المئوية لكل عنصر.	85.7	14.3
أجد عدد المولات n.	$\frac{85.7}{12} = 7.1$	$\frac{14.3}{1} = 14.3$
أجد أبسط نسبة عددية صحيحة.	$\frac{7.1}{7.1} = 1$	$\frac{14.3}{7.1} = 2$

أستنتج أن الصيغة الأولية للمركب هي CH_2 ، وكتلة هذه الصيغة 14 g، ولأن الكتلة المولية للمركب 56 g/mol، فإن العدد الفعلي للذرات يُحسب على النحو الآتي:

$$\frac{\text{الكتلة المولية للمركب}}{\text{كتلة الصيغة الأولية}} \times \text{عدد ذرات العنصر في الصيغة الأولية} = \text{العدد الفعلي للذرات}$$

$$N = N_{emp} \times \frac{M_r}{m_{emp}}$$

$$N_H = 2 \times \frac{56}{14} = 8 \quad N_C = 1 \times \frac{56}{14} = 4$$

وبذلك تكون الصيغة الجزيئية C_4H_8

✓ **أنحَقِّق:** ما الصيغة الجزيئية لمركب كتلته المولية 58 g/mol، وصيغته الأولية C_2H_5 ، علمًا بأن الكتل الذرية بوحدة (amu) ($H = 1, C = 12$)؟

31

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما الصيغ الكيميائية لمركبات تتكون من عنصري النيتروجين والأكسجين لها الصيغة الأولية NO؟
- أنظّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وأقبل منهم جميع الإجابات، ومنها:
(....., N_2O_5 , NO, N_2O_4 , N_2O , NO_2).

- ناقش الطلبة في أن مضاعفات الصيغة الأولية ينتج عنها أعداد فعلية من الذرات؛ للتوصل معهم إلى مفهوم الصيغة الجزيئية التي تبين الأعداد الفعلية من الذرات وأنواعها. وأنه يتم تحديدها عن طريق معرفة الصيغة الأولية، والكتلة المولية للمركب.

- ناقش الطلبة في المثال (13)، مبيّنًا لهم خطوات الحل بأن يتم التوصل إلى الصيغة الأولية.

- أوجّه الطلبة إلى دراسة قانون حساب العدد الفعلي للذرات، وناقشهم في تطبيق المعطيات للتوصل إلى الصيغة الجزيئية.

- أطلب إلى الطلبة استنتاج الصيغة الجزيئية للمركب في مثال 11 بمعرفة أن الكتلة المولية 34 g/mol.

- أوجّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

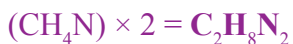
مثال إضافي

ما الصيغة الجزيئية لمركب صيغته الأولية CH_4N ، وكتلته المولية (60 g/mol)؟

الحل:

كتلة الصيغة الأولية = 30 g/mol
لإيجاد الصيغة الجزيئية نُجري قسمة الكتلة المولية (60 g/mol) على كتلة الصيغة الأولية 30 g/mol، والرقم الناتج يضرب في عدد ذرات الصيغة الأولية.

$$\frac{60}{30} = 2$$



✓ **أنحَقِّق:**

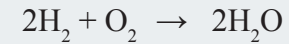
$$m_{emp} = 29 \text{ g}$$

$$N_C = 2 \times \frac{58}{29} = 4$$

$$N_H = 5 \times \frac{58}{29} = 10$$

الصيغة الجزيئية: C_4H_{10}

- أعرض على الطلبة صندوق الكرات والوصلات، وأبين لهم نموذجاً تمثيلاً لتفاعل جزيئات الهيدروجين مع الأكسجين لإنتاج جزيئات الماء وفق المعادلة



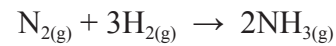
- وأوضح لهم العلاقة المولية باستخدام الكرات بين المواد



المناقشة:

- أوظف (فكر - انتقِ زميلاً - شارك) على النحو الآتي:
فكر: أطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية:
- ما المقصود بالنسبة المولية؟
- النسبة بين عدد مولات مادة إلى عدد مولات مادة أخرى.

- في معادلة التفاعل الآتية:



- عبّر عن النسبة المولية لكل من N_2 إلى (H_2, N_2) إلى (NH_3, H_2) إلى (NH_3) .

$$n N_2 / n H_2 = 1/3$$

$$n N_2 / n NH_3 = 1/2$$

$$n H_2 / n NH_3 = 3/2$$

- انتقِ زميلاً: أطلب إلى أحد الطلبة/ الطالبات اختيار أحد زملائه/ إحدى زميلاتها لمناقشة الإجابات وتبادلها في ما بينها بكتابة الإجابة على ورقة.

- شارك: أطلب إليهم مشاركة ما توصلوا إليه مع زملائهم/ زميلاتهن.

- أناقش الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- أوضح للطلبة أن النسبة المولية تكتب وفق البسط والمقام، كما يأتي:

$$\frac{n H_2}{n N_2} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{n N_2}{n H_2} = \frac{1}{3}$$

الحسابات المبنية على المول- الكتلة

Calculations based on Mole - Mass

يُستخدم مفهوم المول في الحسابات الكيميائية كونه وحدة قياس للمادة؛ إذ تُستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة لتحديد عدد مولات المواد المتفاعلة والنتيجة. فعلى سبيل المثال في المعادلة الموزونة.



يلاحظ من المعادلة أنه عند تفاعل 3 mol من H_2 مع 1 mol من N_2 فإنه ينتج 2 mol من NH_3 ، وتكون النسبة بين عدد المولات $(N_2 : H_2 : NH_3)$ هي (2 : 1 : 3) على الترتيب، وتسمى النسبة المولية Mole Ratio وهي: النسبة بين عدد مولات مادة إلى عدد مولات مادة أخرى، ويمكن كتابة النسبة المولية للهيدروجين مثلاً H_2 بدلالة عدد مولاته إلى عدد مولات النيتروجين N_2 ، كما يأتي:

$$\frac{n H_2}{n N_2} = \frac{3}{1}$$

أيضاً، يمكن كتابة النسبة المولية للهيدروجين H_2 بدلالة عدد مولاته إلى عدد مولات NH_3 ، كما يأتي:

$$\frac{n H_2}{n NH_3} = \frac{3}{2}$$

وكذلك الحال عند كتابة النسبة المولية للنيتروجين N_2 بدلالة H_2 أو NH_3 .

$$\frac{n N_2}{n H_2} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{n N_2}{n NH_3} = \frac{1}{2}$$

أخطاء شائعة

- قد يكتب بعض الطلبة النسبة المولية بين مادتين قبل موازنة المعادلة الكيميائية. لذلك؛ أخبر الطلبة أنه يجب موازنة المعادلة بتحديد عدد المولات بدقة، ثم تحديد النسبة المولية، أما كتابة النسبة المولية من دون موازنة المعادلة - فيؤدي إلى نتائج غير صحيحة.

◀ المناقشة:

• أشرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما أهمية معرفة النسبة المولية؟

النسبة المولية تستخدم في تحويل عدد مولات المادة المعلومة إلى عدد مولات المادة الأخرى المطلوب حسابها في المعادلة الكيميائية الموزونة.

• أناقش الطلبة في حل مثال (14)، حساب عدد مولات النيتروجين المتفاعلة بمعرفة عدد مولات الهيدروجين المعطاة في السؤال، مبيناً لهم خطوات الحل، تحديد النسبة المولية، ضرب النسبة المولية في عدد المولات المعطاة فينتج عدد المولات المطلوبة. ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



أحسب عدد مولات N_2 اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الأكسجين؛ لإنتاج 15 mol من NO.

الحل:

$$\frac{n N_2}{n NO} = \frac{1}{2}$$

وبضرب النسبة المولية في عدد مولات المادة المعطاة في السؤال ينتج عدد المولات المطلوبة، أي أن:

عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

$$\frac{1}{2} \times 15 = 7.5 \text{ mol}$$

حسابات (المول – المول) Calculations Mole-Mole

تُستخدم النسبة المولية في تحويل عدد مولات المادة المعلومة إلى عدد مولات المادة الأخرى المطلوب حسابها في المعادلة الكيميائية الموزونة، وعلى سبيل المثال في المعادلة السابقة عند تفاعل 0.1 mol من الهيدروجين فإنه يمكن حساب عدد مولات النيتروجين المتفاعلة على النحو الآتي:

نحدد النسبة المولية للمادة المطلوبة، وهي النيتروجين N_2 .

$$\frac{n N_2}{n H_2} = \frac{1}{3}$$

نحسب عدد مولات النيتروجين اللازمة للتفاعل، وذلك بضرب نسبته المولية في عدد مولات الهيدروجين المعطاة في السؤال، كما يأتي:

$$n N_2 = \frac{1}{3} \times 0.1 \text{ mol } H_2 = 0.03 \text{ mol } N_2$$

المثال 14

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:



أحسب عدد مولات H_2O الناتجة من تفاعل 4 mol من O_2 مع كمية كافية من الهيدروجين.

الحل:

بالرجوع إلى المعادلة الكيميائية الموزونة، نجد النسبة المولية H_2O بدلالة O_2 كالآتي:

$$\frac{n H_2O}{n O_2} = \frac{2}{1}$$

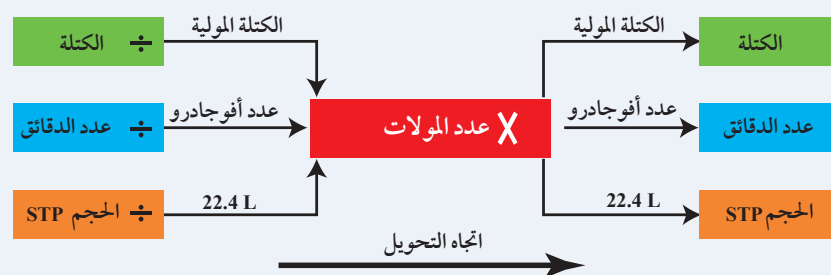
ولحساب عدد مولات H_2O الناتجة، أضرب النسبة المولية لها في عدد مولات O_2 المعطاة في السؤال، كما يأتي:

$$n H_2O = \frac{2}{1} \times 4 \text{ mol } O_2 = 8 \text{ mol } H_2O$$

33

إنباءة للمعلم/ للمعلمة

تتضمن التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين الغازات نسباً حجمية محددة عند قياسها في ظروف محددة من الضغط ودرجة الحرارة. وقد بين العالم أفوجادرو أن المول الواحد من أي غاز يشغل حجماً مقداره 22.4 L في الظروف القياسية (STP)، وهي ضغط جوي 1 atm، ودرجة حرارة صفر سيليسية (273 K)، وسمي هذا الحجم؛ الحجم المولي للغاز وقيمه ثابتة لجميع الغازات. ويمكن تلخيص الحسابات المتعلقة بالمول كما في المخطط الآتي:



المناقشة:

• أوظف التعلم التعاوني، بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 5 min، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما أهمية معرفة عدد مولات المواد الفعلية في التفاعل؟
حساب كتل المواد المتفاعلة والنتيجة في المعادلة الموزونة بمعرفة عدد مولاتها.

- ما العلاقة بين عدد المولات والكتل المولية والكتلة لكل من المغنيسيوم والأكسجين وأكسيد المغنيسيوم في المعادلة الموزونة الآتية:



	2Mg	O ₂	2MgO
n	2	1	2
Mr	24	32	40
m	48	32	80

• أوضح للطلبة أن مجموع كتل المادتين المتفاعلتين يساوي كتلة المادة الناتجة، وأن هذا يتفق مع قانون حفظ الكتلة.
• ناقش الطلبة في المثال (15) مبيّنًا لهم خطوات الحل: تحديد النسبة المولية للمادتين، ثم تحويل مولات المادة المعلومة إلى مولات المادة المطلوبة ثم تحويل المولات إلى كتلة.
• أوجّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

في معادلة التفاعل الموزونة $4\text{Al}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$ أحسب كتلة Al_2O_3 الناتجة عن تفاعل 24 mol من Al مع كمية كافية من الأكسجين؛ علمًا بأن الكتلة المولية Al_2O_3 تساوي 102 g/mol

الحل:

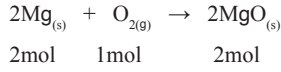
$$\frac{n \text{Al}_2\text{O}_3}{n \text{Al}} = \frac{2}{4}$$

$$\frac{2}{4} \times 24 = 12 \text{ mol}$$

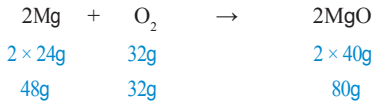
$$m = 12 \times 102 = 1224 \text{ g}$$

حسابات (مول - كتلة) Mass- Mole Calculations

يلاحظُ مما سبق أن المعادلة الكيميائية الموزونة تشيرُ إلى نسب أعداد مولات المواد المتفاعلة والنتيجة. وحيثُ يمثلُ المولُ الواحدُ من أية مادة الكتلة المولية لها، فإنه يمكنُ حسابُ كتل المواد المتفاعلة والنتيجة في المعادلة الموزونة بمعرفة عدد مولاتها، ففي المعادلة الموزونة الآتية مثلًا:



يلاحظُ أنه تفاعلُ 2 mol من Mg مع 1 mol من O_2 لتكوين 2 mol من MgO، وبتحويل مولات المواد المتفاعلة والنتيجة إلى كتل، ينتجُ:



يلاحظُ أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي كتلة المادة الناتجة، وهذا يتفقُ مع قانون حفظ الكتلة.

$$M_{r(\text{Mg})} = 24 \text{ g/mol}$$

$$M_{r(\text{O}_2)} = 32 \text{ g/mol}$$

$$M_{r(\text{MgO})} = 40 \text{ g/mol}$$

المثال 15

في معادلة التفاعل الموزونة: $2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$

أحسب كتلة H_2 اللازمة للتفاعل مع 7 mol من O_2 ، علمًا بأن كتلة 1 mol من H_2 تساوي 2 g/mol.

الحل:

بالرجوع إلى معادلة التفاعل الموزونة نجدُ أن النسبة المولية H_2 هي:

$$\frac{n \text{H}_2}{n \text{O}_2} = \frac{2}{1}$$

أستخدمُ النسبة المولية لتحويل مولات O_2 إلى مولات H_2 المطلوبة كما يأتي:

$$n \text{H}_2 = \frac{2}{1} \times 7 \text{ mol O}_2 = 14 \text{ mol H}_2$$

فإنه يمكنُ تحويل مولات الهيدروجين إلى كتلة كما يأتي:

$$m \text{H}_2 = \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} \times 14 \text{ mol H}_2 = 28 \text{ g H}_2$$

34

تعزيز: حساب مول-كتلة

• أوجّه الطلبة إلى دراسة المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية: $\text{H}_{2(g)} + \text{Br}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HBr}_{(g)}$ ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما عدد مولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟
- ما كتلة كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟
- كيف يتحقق قانون حفظ الكتلة في التفاعل؟

علمًا أن الكتل المولية كما يأتي: $\text{H}_2 = 2$, $\text{Br}_2 = 160$, $\text{HBr} = 81 \text{ g/mol}$

عدد مولات الهيدروجين = 1، كتلته = 2 g

عدد مولات البروم = 1، كتلته = 160 g

عدد مولات بروميد الهيدروجين = 2، كتلته = 162 g

قانون حفظ الكتلة: مجموع كتل المواد المتفاعلة = 162 g وهو يساوي كتلة المادة الناتجة (162 g)

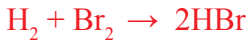
• أجرى نقاشًا مع الطلبة للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

• أناقش الطلبة في المثال (16)، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

أحسب كتلة Br_2 اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الهيدروجين؛ لإنتاج 10 mol من HBr، وفق المعادلة الموزونة الآتية:

$$(Mr \text{ } Br_2 = 160 \text{ g/mol})$$



الحل:

$$\frac{n \text{ } Br_2}{n \text{ } HBr} = \frac{1}{2}$$

$$n \text{ } Br_2 = 10 \text{ mol} \times \frac{1}{2}$$

$$= 5 \text{ mol}$$

$$m \text{ } Br_2 = 160 \times 5 = 800 \text{ g}$$

المناقشة:

• أناقش الطلبة في المثال (17) مبيّنًا لهم خطوات الحل، حساب الكتلة المولية للأمونيا، تحويل كتلة النيتروجين إلى مولات، تحديد النسبة المولية، حساب عدد مولات الأمونيا ثم كتلتها، ثم أوجههم إلى حل المثال الآتي.

مثال إضافي

أحسب كتلة NOCl الناتجة عن تفاعل 7.1g من Cl_2 وفق المعادلة الموزونة:



$$(Mr \text{ g/mol } Cl_2 = 71, \text{ NOCl} = 65.5)$$

الحل:

$$\frac{n \text{ } NOCl}{n \text{ } Cl_2} = \frac{2}{1}$$

$$n \text{ } Cl_2 = 0.1 \text{ mol}$$

$$n \text{ } NOCl = 2 \times 0.1 = 0.2 \text{ mol}$$

$$m \text{ } NOCl = 0.2 \times 65.5 = 13.1 \text{ g}$$

المثال 16

أحسب كتلة Fe الناتجة من تفاعل 9 mol من الكربون C، وفق المعادلة الموزونة الآتية: (علمًا بأن كتلة المول: Fe = 56 g/mol)



الحل:

$$\frac{n \text{ } Fe}{n \text{ } C} = \frac{2}{3}$$

$$n \text{ } Fe = \frac{2}{3} \times 9 \text{ mol } C = 6 \text{ mol } Fe$$

$$m \text{ } Fe = \frac{56 \text{ g } Fe}{1 \text{ mol } Fe} \times 6 \text{ mol } Fe = 336 \text{ g } Fe$$

حسابات (كتلة - كتلة) Mass - Mass Calculations

من الملاحظ في ما سبق أنه بمعرفة عدد مولات المادة المتفاعلة أو الناتجة والنسبة المولية لها، يمكن حساب عدد مولات مادة أخرى وكتلتها. وبهذا؛ يمكن أيضًا حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة عن طريق معرفة كتلة مادة أخرى في المعادلة الموزونة كالآتي:

المثال 17

في معادلة التفاعل الآتية: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

أحسب كتلة الأمونيا NH_3 الناتجة من تفاعل 56g من النيتروجين، والكتل الذرية بوحدة (amu) (H = 1, N = 14)

الحل:

أحسب عدد مولات NH_3 :

$$n \text{ } NH_3 = \frac{2}{1} \times 2 \text{ mol } N_2 = 4 \text{ mol } NH_3$$

ومنها أحسب كتلتها:

$$m \text{ } NH_3 = \frac{17 \text{ g } NH_3}{1 \text{ mol } NH_3} \times 4 \text{ mol } NH_3 = 68 \text{ g } NH_3$$

أحوّل كتلة النيتروجين المعروفة في السؤال إلى مولات:

$$n \text{ } N_2 = 56 \text{ g } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2}{28 \text{ g } N_2} = 2 \text{ mol } N_2$$

أجد النسبة المولية NH_3

$$\frac{n \text{ } NH_3}{n \text{ } N_2} = \frac{2}{1}$$

✓ **أنحقّق:** اعتمادًا على المعادلة الموزونة الآتية: $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

1- أحسب عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل مع 5 mol من عنصر Mg.

2- أحسب كتلة MgO الناتجة من احتراق 6g من عنصر Mg احتراقًا تامًا، بوجود كمية كافية من الأكسجين.

35

✓ **أنحقّق:**

$$\frac{n \text{ } O_2}{n \text{ } Mg} = \frac{1}{2}$$

.1

$$\frac{1}{2} \times 5 = 2.5 \text{ mol}$$

$$n \text{ } Mg = 6 \text{ g} \times \frac{1}{24} = 0.25 \text{ mol} = n \text{ } MgO$$

.2

$$m \text{ } MgO = 40 \times 0.25 = 10 \text{ g}$$

إهداء للمعلم / المعلمة

يمكن تجميع حسابات كتلة - كتلة في خطوة واحدة كما يأتي:

$$g \text{ } A \xrightarrow{\div MrA} \text{ mol } A \xrightarrow{\times Mol \text{ Percent}} \text{ mol } B \xrightarrow{\times MrB} g \text{ } B$$

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بكل من المردود المتوقع (النظري)، المردود الفعلي (الحقيقي)، المردود المثوي؟
المردود المتوقع (Py): كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل. أما المردود الفعلي (Ay): فهو كمية المادة الناتجة فعلياً من التفاعل. المردود المثوي (Y): النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري.
- أوجّه الطلبة إلى دراسة العلاقة الرياضية للمردود المثوي؛ تمهيداً لتطبيق حسابات كيميائية عليه.
- ناقش الطلبة في حل مثال (18)، للتوصل إلى الخطوات: كتابة القانون ثم تعويض المعطيات المذكورة في السؤال، والتوصل إلى الإجابة الصحيحة.
- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الضرب في 100 أو تكتب 100% وذلك لأن المردود المثوي هو نسبة مئوية، ويمكن كتابته أيضاً على النحو الآتي:
$$Y\% = \frac{Ay}{Py}$$
- أوجّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

المردود المثوي Percentage Yield

تعلمت في الحسابات السابقة حساب كمية مادة ناتجة من التفاعل من معرفة كمية مادة أخرى في التفاعل، ومعادلة التفاعل الكيميائية الموزونة، وتسمى كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل **المردود المتوقع (النظري) Predict Yield** ويرمزُ إليها بالرمز (Py). أما كمية المادة الناتجة فعلياً من التفاعل التي يحددها الكيميائي من التجارب الدقيقة فتسمى **المردود الفعلي (الحقيقي) Actual Yield**. ويرمزُ إليها بالرمز (Ay).

وبمعرفة المردود النظري والمردود الفعلي للمادة الناتجة يمكن حساب **المردود المثوي (Y) Percentage Yield** وهو النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري، ويُعبّر عنه بالمعادلة الآتية:

$$\text{المردود المثوي للتفاعل} = \frac{(\text{المردود الفعلي})}{(\text{المردود المتوقع})} \times 100\%$$

$$Y = \frac{Ay}{Py} \times 100\%$$

المثال 18

في تفاعل ما حصلنا على 2.64 g من كبريتات الأمونيوم. فإذا علمت أن المردود المتوقع 3.3 g، فأحسب المردود المثوي للتفاعل. **الحل:**

$$Y = \frac{Ay}{Py} \times 100\% \\ = \frac{2.64 \text{ g}}{3.3 \text{ g}} \times 100\% = 80\%$$

تحقق:

ما الفرق بين المردود الفعلي، والمردود المتوقع للتفاعل؟

36

تحقق:

المردود الفعلي هو كمية المادة الفعلية الناتجة من التفاعل، التي يحددها الكيميائي من التجارب الدقيقة. أما المردود المتوقع فهو كمية المادة الناتجة المسحوبة نظرياً.

أفكر

- استخدام مواد متفاعلة غير نقية.
- أو يكون التفاعل غير تام.
- أو يحدث فقدان لجزء من كمية الناتج؛ بسبب نقله من وعاء إلى آخر، أو عمليات الترشيح، أو أية عمليات كيميائية أخرى.

أبحث

أوجّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن النسبة المئوية لنقاوة المادة وأهمية ذلك في الصناعات الكيميائية، واجراءات حسابها، وكتابة تقرير عن ذلك، وأحدد لهم موعداً لمناقشته في الصف.

36

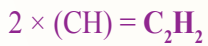
مراجعة الدرس

- 1 يمكن تحديد عدد مولات وكتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، والنسب المئوية للعناصر في المركب، وتحديد الصيغة الكيميائية، وكذلك المردود النظري والفعلي والمثوي للفاعل.
- 2 النسبة المئوية بالكتلة لعنصر: نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.
- الصيغة الأولية: الصيغة التي تدل على أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب.
- الصيغة الجزيئية: الصيغة التي تبين الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها.
- المردود النظري للفاعل: كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل.

	Na	Br
كتلة العنصر	2.3	8
عدد مولات كل عنصر	$\frac{2.3}{23} = 0.1$	$\frac{8}{80} = 0.1$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية NaBr

	C	H
النسبة المئوية لكل عنصر	92.3	7.7
عدد مولات كل عنصر	$\frac{92.3}{12} = 7.7$	$\frac{7.7}{1} = 7.7$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية CH ومنها تحسب الصيغة الجزيئية كما يأتي: $\frac{26}{13} = 2$ 5 Mr بوحدة g/mol لكل من Fe_2O_3 (160) و FeSO_4 (152)

$$\frac{n \text{Fe}_2\text{O}_3}{n \text{FeSO}_4} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \times 0.06 = 0.03 \text{ mol}$$

$$m = 160 \times 0.03 = 4.8 \text{ g}$$

مراجعة الدرس

- 1- الفكرة الرئيسة: ما أهمية الحسابات الكيميائية؟
- 2- أوضح المقصود بكل من:
- النسبة المئوية بالكتلة لعنصر.
 - الصيغة الأولية.
 - الصيغة الجزيئية.
 - المردود النظري للفاعل.
- 3- ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من تفاعل 2.3 g من الصوديوم Na مع 8 g من البروم Br؟
- 4- ما الصيغة الجزيئية لمركب هيدروكربوني يتكون من 92.3% من الكربون، و 7.7% من الهيدروجين، علمًا بأن الكتلة المولية للمركب 26 g/mol؟
- 5- **أستخدم الأرقام:** أحسب كتلة أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 الناتجة من تفاعل 9.12 g من كبريتات الحديد (II) FeSO_4 (II) علمًا بأن معادلة التفاعل الموزونة هي:
- $$2\text{FeSO}_{4(s)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + \text{SO}_{2(g)} + \text{SO}_{3(g)}$$
- 6- **أستخدم الأرقام:** أحسب عدد مولات غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الناتجة عن احتراق 6 mol من غاز الإيثان C_2H_6 احتراقًا تامًا في كمية وافرة من غاز الأوكسجين. وذلك حسب المعادلة الموزونة الآتية:
- $$2\text{C}_2\text{H}_{6(g)} + 7\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_{2(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(g)}$$
- 7- **أستخدم الأرقام:** أحسب المردود المثوي لفاعل ما لإنتاج أكسيد الكالسيوم، علمًا بأن المردود المتوقع 5.6 g والمردود الفعلي 2.8 g

6 عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

$$\frac{4}{2} \times 6 = 12 \text{ mol}$$

$$Y = \frac{2.8}{5.6} \times 100\% = 50\%$$

الوسادة الهوائية Air Bag

الهدف: تعرّف عمل الوسادة الهوائية في السيارات الحديثة.
الإجراءات والتوجيهات:

- أقسم الطلبة في مجموعات؛ مستخدمًا التعلم التعاوني، ثم أكلفهم قراءة بند الإثراء والتوسع، وأكلف كل مجموعة الإجابة عن أحد الأسئلة الآتية، وأزودهم بلوحة كرتونية لاستخدامها في عرض إجاباتهم.

- ما أهمية استخدام الوسادة الهوائية في السيارات؟

لمنع ارتطام السائق بمقود السيارة لحظة اصطدام السيارة بسيارة أخرى أو بأي جسم آخر؛ حيث يتمدد الهواء داخل الوسادة فتتفخ وتتضخم، وتعمل على حماية السائق.

- ما أثر الحسابات الكيميائية في استخدام كمية هواء مناسبة في الوسادة الهوائية؟

لتقدير الكميات الدقيقة من المواد الكيميائية اللازمة للتفاعل داخل الوسادة؛ حتى يكون نظام الأمان فعالاً.

- ما المواد الكيميائية المستخدمة في الوسادة الهوائية؟

أزيد الصوديوم NaN_3 ونترات البوتاسيوم KNO_3

- ما آلية عمل المواد المستخدمة في الوسادة الهوائية؟

عند حدوث التصادم يتحلل أزيد الصوديوم منتجًا الصوديوم وغاز النيتروجين، أما نترات البوتاسيوم فتتفاعل مع الصوديوم لمنع تفاعله مع الماء.

- ما التفاعلات الكيميائية التي تحصل في الوسادة الهوائية؟



- أتابع عمل المجموعات مُوجِّهًا ومُيسِّرًا ومُساعدًا.

- أكلف كل مجموعة عرض ما توصلوا إليه مع المجموعات الأخرى وأجري مناقشة معهم للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

الوسادة الهوائية Air Bag

الإثراء والتوسع

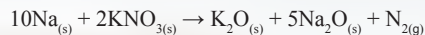
تُستخدم في السيارات الحديثة الصنع وسادة هوائية؛ لمنع ارتطام السائق بمقود السيارة لحظة اصطدام السيارة بسيارة أخرى أو بأي جسم آخر؛ حيث يتمدد الهواء داخل الوسادة فتتفخ وتتضخم، وتعمل على حماية السائق. وفي حالة احتواء الوسادة على كمية كبيرة من الهواء فإنها تصبح قاسية، وهو ما قد يسبب جروحًا بسبب عدم تخفيف تأثير الصدمة. وفي المقابل فإن كمية الهواء القليلة تكون غير كافية لمنع تأثير ارتطام السائق.

ولذلك يستخدم المهندسون الحسابات الكيميائية لتقدير الكميات الدقيقة من المواد الكيميائية اللازمة للتفاعل داخل الوسادة؛ حتى يكون نظام الأمان فعالاً.

ومن المواد المستخدمة في الوسادة الهوائية مركبًا أزيد الصوديوم NaN_3 ، ونترات البوتاسيوم KNO_3 ، وعند حدوث التصادم تحدث سلسلة من التفاعلات الكيميائية، منها تحلل مركب أزيد الصوديوم منتجًا الصوديوم وغاز النيتروجين كما يأتي:



حيث يتسبب غاز النيتروجين بانتفاخ الوسادة الهوائية. في حين تتفاعل نترات البوتاسيوم مع الصوديوم وذلك لمنع تفاعله مع الماء، كما في المعادلة الآتية:



وفي المحصلة فإن، المواد الناتجة من هذه التفاعلات تكون غير ضارة.



ابحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تركيب الوسادة الهوائية وكيفية عملها، ثم أكتب تقريرًا عن ذلك، ثم أنافشهُ مع زملائي/ زميلاتي في الصف.

38

أبحث أو جّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن تركيب الوسادة الهوائية وكيفية عملها، ثم كتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وأحدد لهم موعدًا لعرضه ومناقشتهم فيه.
النتائج المتوقعة: تختلف الوسائد الهوائية في أنواعها ومكوناتها وبالتالي تختلف في استخداماتها.

مراجعة الوحدة

1 المول: عدد أفوجادرو من الذرات أو الأيونات أو الجزيئات.

الكتلة الجزيئية: مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي تربط ذراته بروابط تساهمية مقيسة بوحدة amu.

تفاعل التحلل: تحلل مركب واحد بالحرارة أو الكهرباء أو الضوء؛ منتجا مادتين أو أكثر، وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات.

المردود المئوي للتفاعل: النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري.

2 المعادلات:



3 $0.05 \text{ C} = 0.6 \text{ g} / 12 \text{ g} =$

$\text{O} = 1.6 \text{ g} / 16 \text{ g} = 0.1$

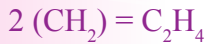
بالقسمة على أصغر رقم فان $\text{C} = 1$, $\text{O} = 2$

وبذلك تكون الصيغة الأولية هي: CO_2

4 مجموع كتلة الصيغة الأولية يساوي 14 g بقسمة الكتلة

المولية على كتلة الصيغة الأولية على عدد مضاعفات الصيغة الأولية، كما يأتي:

$$\frac{28}{14} = 2$$



5 أ . $n \text{ MgO} = \frac{1 \text{ mol}}{40 \text{ g}} \times 8 \text{ g} = 0.2 \text{ mol}$

$$\frac{n \text{ Mg}}{n \text{ MgO}} = \frac{2}{2} = 1$$

$$n \text{ Mg} = 0.2 \text{ mol}$$

$$m \text{ Mg} = \frac{24 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times 0.2 \text{ mol} = 4.8 \text{ g}$$

ب . $n \text{ MgO} = 0.625 \text{ mol}$

$$\frac{n \text{ O}_2}{n \text{ MgO}} = \frac{1}{2}$$

$$n \text{ O}_2 = 0.625 \times \frac{1}{2}$$

$$m \text{ O}_2 = 0.3125 \times 0.625 = 0.2 \text{ g}$$

مراجعة الوحدة

1. ما المقصود بكل من المصطلحات الكيميائية الآتية:

- المردود المئوي للتفاعل.
- تفاعل التحلل.
- الكتلة الجزيئية.
- المول.

2. أكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل:

أ . تفاعل عنصر الحديد الصلب مع غاز الأكسجين لإنتاج أكسيد الحديد (III) الصلب.

ب. تفاعل كربونات الكالسيوم الصلبة مع محلول حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل.

ج. تفاعل أيونات الفضة مع أيونات البروميدي؛ لتكوين راسب من بروميد الفضة.

3. استنتج الصيغة الأولية للمركب الناتج من تفاعل 0.6 g من الكربون مع الأكسجين لتكوين 2.2 g من أكسيد الكربون.

4. استنتج الصيغة الجزيئية لمركب صيغته الأولية CH_2 وكتلته المولية 28 .

5. استخدم الأرقام. يحترق عنصر المغنسيوم وفق المعادلة الآتية:

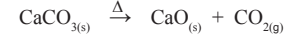


أ . أحسب كتلة المغنسيوم اللازمة لإنتاج 8 g من أكسيد المغنسيوم.

ب. أحسب كتلة الأكسجين اللازمة لإنتاج 20 g من أكسيد المغنسيوم.

6. استخدم الأرقام. أحسب عدد المولات في 9.8 g من حمض الكبريتيك H_2SO_4

7. استخدم الأرقام. تتحلل كربونات الكالسيوم بالحرارة وفق المعادلة الآتية:



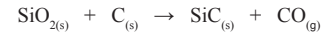
فإذا علمت أن الكتل الذرية: (C = 12, O = 16, Ca = 40)

أ . أحسب كتلة أكسيد الكالسيوم الناتجة من تسخين 50 g من كربونات الكالسيوم.

ب. أحسب المردود المئوي للتفاعل إذا حصلنا على 15 g فقط من أكسيد الكالسيوم.

8. استخدم الأرقام. كربيد السيلكون SiC مادة قاسية تستخدم في صناعة ورق الزجاج وحجر الجليخ، ويتم الحصول

عليه من تسخين أكسيد السيلكون مع الكربون وفق المعادلة:



فإذا علم أن الكتل الذرية للعناصر المذكورة كالآتي: (C = 12, O = 16, Si = 28)

6 الكتلة المولية للحمض تساوي 98 g/mol

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{9.8 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

7 أ . 28 g

ب . تقريباً 54%

مراجعة الوحدة

8. $\text{SiO}_2(\text{s}) + 3\text{C}(\text{s}) \rightarrow \text{SiC}(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g})$ أ .
 ب . 1mol
 ج . 53.3 g
 د . 30%

9. على الترتيب: اتحاد، إحلال أحادي، تحلل

10. 1. ج
 2. ج
 3. أ

11. a . اتحاد (مادتان تنتجان مادة واحدة).

b . تحلل (مادة واحدة تنتج مادتين).

c . إحلال أحادي (استبدال ذرة محل ذرة)

12. أ . $\text{C}\% = 81.8$, $\text{H}\% = 18.2$

ب . C_3H_8

مراجعة الوحدة

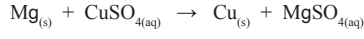
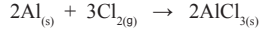
أ . أوازن معادلة التفاعل.

ب. أحسب عدد مولات CO الناتجة من تفاعل 0.5 mol من SiO_2

ج. أحسب كتلة SiC الناتجة عن تفاعل 4 mol من ذرات الكربون.

د . أحسب النسبة المئوية لعنصر الكربون في المركب SiC.

9. **أصنف** المعادلات الآتية حسب أنواعها: (اتحاد، أو تحلل، أو إحلال أحادي):



10. أختار رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. ما عدد مولات ذرات الأكسجين الموجودة في 1 mol من AgNO_3 ؟

أ . 1 ب . 2 ج . 3 د . 4

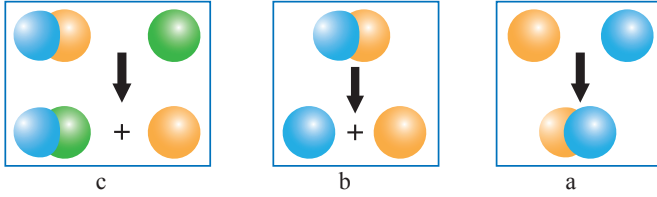
2. أي من الآتية يعد الكتلة المولية لمركب Na_2SO_4 (بوحدّة g/mol) ؟

أ . 71 ب . 119 ج . 142 د . 183

3. تُسمى كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل:

أ . المردود المتوقع. ب . المردود الفعلي. ج . الكتلة المولية. د . المول.

11. **أميز** التفاعلات الواردة في النماذج الآتية وأفسرها:



12. مركب كتلته 8.8 g يتكوّن فقط من عنصري الكربون والهيدروجين، وكتلة الهيدروجين: 1.6 g

أ . **استنتج**: النسبة المئوية بالكتلة لعنصري الكربون والهيدروجين في المركب.

ب. **استنتج**: أي الصيغتين تمثل المركب C_2H_6 أم C_3H_8 ؟

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

تجربة استهلاكية: الطاقة المرافقة للتفاعل			
عدد الحصص	التجارب والأنشطة	نتائج التعلم	الدرس
2	التفاعل الطارد والتفاعل الماص للطاقة.	<ul style="list-style-type: none"> بيان أهمية الطاقة في التفاعلات الكيميائية وأشكالها وتطبيقاتها. تصنيف التفاعلات الكيميائية وفق الطاقة المصاحبة لها الى ماصة وطاردة. توظيف التكنولوجيا للبحث في الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية. 	الأول: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية
3	قياس الحرارة النوعية للنحاس.	<ul style="list-style-type: none"> حساب كمية الطاقة التي تمتصها أو تصدرها المادة. إجراء تجارب عملية حول الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة. 	الثاني: الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة
4		<ul style="list-style-type: none"> توضيح مفهوم طاقة الرابطة. حساب الحرارة المرافقة للتفاعل باستخدام قيم طاقة الرابطة. تطبيق قانون هيس لحساب المحتوى الحراري للتفاعل. حساب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل كتلة عينة من المادة باستخدام المعادلة الموزونة. 	الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

النتائج السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الخامسة - الطاقة الكيميائية

النتائج السابقة	الصف	النتائج اللاحقة	الصف
<ul style="list-style-type: none"> ● استنتاج مصادر الحرارة وأهميتها. ● استنتاج أهمية الحرارة. ● إظهار فهمًا لتحويلات المادة بالحرارة. ● استنتاج أنه يمكن عكس التغيرات الناتجة عن التسخين والتبريد. 	الثاني	<ul style="list-style-type: none"> ● توضيح المقصود بالمفاهيم المرتبطة بالطاقة الحرارية والديناميكا الحرارية. ● توضيح معرفتي بالمفاهيم والقوانين والعلاقات المرتبطة بالديناميكا الحرارية في حل مسائل حسابية وتفسير مشاهدات يومية. 	الحادي عشر
<ul style="list-style-type: none"> ● توضيح مفهوم الطاقة و الحرارة. 	الثالث		
<ul style="list-style-type: none"> ● تعرّف الوقود الأحفوري: أصله وأثره على البيئة. ● توضيح أشكال الطاقة وتحويلاتهما. 	الرابع		
<ul style="list-style-type: none"> ● توضيح مفاهيم الطاقة. ● استكشاف كيفية تحولات الطاقة في أجهزة مختلفة. 	الخامس		
<ul style="list-style-type: none"> ● استقصاء انتقال الحرارة بين الأجسام. ● استقصاء أثر الطاقة على البيئة والصحة العامة. 	السادس		
<ul style="list-style-type: none"> ● تفسير انتقال الطاقة ودورات المواد في الأنظمة البيئية. ● تعرّف أثر تكنولوجيا المعلومات الحديثة في تطور اقتصاد الدول وأنظمة الطاقة ومصادرها. 	السابع		
<ul style="list-style-type: none"> ● توضيح المفاهيم المتعلقة بالعمليات الحرارية. 	الثامن		

الطاقة الكيميائية

Chemical Energetics

أتأمل الصورة

- أوجّه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم إجابة أسئلة «أتأمل الصورة» .
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، موضحًا لهم ما يأتي:

إن الذرات تحتزن الطاقة في الروابط الناشئة بينها في ما يعرف بطاقة الرابطة، فعند تفاعل المواد تتكسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة، وتنشأ روابط جديدة بين ذرات المواد الناتجة؛ ونتيجة لذلك فإن التفاعل قد يمتص الطاقة أو يعثها في ما يُعرف بالطاقة المرافقة للتفاعل؛ وبهذا تعد الروابط الكيميائية المصدر الأساسي للطاقة المرافقة للتفاعلات الكيميائية.

الطاقة الكيميائية
Chemical Energetics

أتأمل الصورة

تُستخدَمُ الطاقة في العديد من مجالات الحياة اليومية، كاحتراق الوقود في السيارات والمركبات الفضائية، والاستخدامات المنزلية، والصناعية والتعدين وغيرها، وتعدُّ التفاعلات الكيميائية مصدرًا رئيسًا للطاقة في مختلف المجالات، فما مصدرُ الطاقة المرافقة للتفاعلات الكيميائية؟

الفكرة العامة:

تعدُّ التفاعلات الكيميائية المصدرَ الأساسيَّ لأشكالِ الطاقةِ على سطحِ الأرضِ.

الدرسُ الأولُ: تغيراتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: يرافقُ التغيراتُ الكيميائيةَ والفيزيائيةُ التي تحدثُ للموادِّ امتصاصُ للطاقةِ أو انبعاثُ لها.

الدرسُ الثاني: الطاقةُ الممتصةُ والمنبعثةُ من المادةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتبادلُ الموادُّ الطاقةَ في ما بينها وبينَ الوسطِ المحيطِ تبعاً لطبيعتها واختلافِ درجةِ حرارتها.

الدرسُ الثالثُ: حساباتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: يرافقُ حدوثَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ تغيرٌ في المحتوى الحراريِّ، يمكنُ حسابهَ بطرائقَ مختلفةٍ.

الفكرة العامة:

● أقرأ الفكرة العامة للوحدة للطلبة، أو أكتبها على اللوح، ثم أمهد للوحدة بالحديث عن الطاقة وأشكالها واستخداماتها في مجالات الحياة اليومية، ثم أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- ما مصدر الطاقة الأساسي على سطح الأرض؟
تعد الطاقة الشمسية المصدر الأساسي للطاقة المتجددة على سطح الأرض، وتنتج هذه الطاقة من تفاعلات الانصهار والاندماج النووي التي تحدث في لب الشمس.

- كيف تنتج هذه الطاقة؟

التفاعلات الكيميائية من المصادر الرئيسة للطاقة على سطح الأرض، فكثير من التفاعلات الكيميائية يرافق حدوثها انبعاث للطاقة؛ سواءً أكانت حرارية، أم كهربائية، أم غيرها.

● وفي هذه الوحدة سوف يتم دراسة الطاقة الحرارية المرافقة للتفاعلات الكيميائية، وبعض التحولات الفيزيائية للمادة.

مشروع الوحدة:

● أقترح على الطلبة تصميم مشروع حول الطاقة الكيميائية، مثل:

1. مشروع تجارب في الكيمياء: أكلف مجموعات الطلبة بإجراء التجارب الواردة في الوحدة، وتصويرها فيديو وتحميل هذه الفيديوهات على الموقع الإلكتروني للمدرسة.

2. مشروع «العب مع الكيمياء»: أكلف مجموعة من الطلبة بعرض فيديوهات لتفاعلات كيميائية ممتعة تعتمد على الطاقة المرافقة للتفاعلات، أو بتنفيذ بعض التجارب وتصويرها، مثل: (نموذج البركان، أو كرة اللهب، أو التجمد الفوري، أو إشعال شمعة دون الاقتراب منها، وغيرها) وعرضها أمام الطلبة في حصص النشاط.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* قضايا ذات العلاقة بالعمل: التخطيط.

أوجه الطلبة إلى أن التخطيط مرحلة أساسية في إدارة المشاريع، تساعد على قيادة المشروع نحو النجاح، وذلك بدءاً من: تحديد الأهداف من المشروع، والأنشطة والإجراءات، وتوزيع المهام والادوار المطلوبة للأداء لتحقيق تلك الأهداف؛ الأمر الذي يساعد في نجاح المشروع واستدامته.

الطاقة المرافقة للتفاعل

الهدف: استكشاف الحرارة المرافقة لإذابة الحمض في الماء.
زمن التنفيذ: 5 دقائق

إرشادات الأمن والسلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجّه الطلبة إلى الحذر من تذوق محلول حمض الكبريتيك المركز، أو لمسه بأيديهم.
- أوجّه الطلبة إلى ضرورة التخلص من النفايات بصورة صحيحة بعد الانتهاء من التجربة.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- أتجول بين مجموعات الطلبة موجّهاً ومرشداً ومساعدًا.
- أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- أتأكد من أن الطلبة تمكنوا من ملاحظة ارتفاع درجة الحرارة.

تنبيه: أوجّه انتباه الطلبة في الخطوة (3) إلى إضافة الحمض إلى الماء ببطء، والانتظار إلى حين ثبات درجة حرارة المحلول، ثم أخذ قراءة مقياس الحرارة.

توجيه: أستثمر نتائج هذه التجربة؛ لتعريف الطلبة بالتفاعل الطارد للحرارة. وأطلب إليهم الرجوع إلى الورقة الخاصة بالتجربة الاستهلاية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

التحليل والاستنتاج:

1. ترتفع درجة حرارة الماء بعد إضافة الحمض، ما يؤدي إلى تسخين المحلول الناتج ورفع درجة حرارته.
2. أستنتج أن تفاعل ذوبان الحمض في الماء طارد للحرارة.

الطاقة المرافقة للتفاعل

المواد والأدوات: كأس زجاجية، ميزان حرارة، مخبران مدرجان، ماء مقطر، محلول حمض الكبريتيك المركز (H₂SO₄).



إرشادات السلامة:

- أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذر من تذوق محلول حمض الكبريتيك المركز، أو لمسه بيدي.

خطوات العمل:

- 1 **أقيس:** أضع في الكأس الزجاجية (20 mL) من الماء المقطر باستخدام المخبر المدرج، وأقيس درجة حرارته، وأسجلها.
- 2 **أقيس:** أضع (5 mL) من محلول حمض الكبريتيك المركز في المخبر المدرج الثاني. وأقيس درجة حرارته وأسجلها.
- 3 أضيف ببطء محلول حمض الكبريتيك المركز إلى الكأس الزجاجية المحتوية على الماء المقطر، وأحرك المحلول ببطء.
- 4 **أقيس:** أنتظر 1 min ثم أقيس درجة حرارة المحلول الجديد، وأسجلها.
- 5 **ألاحظ:** درجة حرارة الماء بعد إضافة محلول حمض الكبريتيك: هل ارتفعت أم انخفضت؟
- 6 **أنظم:** أسجل البيانات والقياسات، وأنظمها في جدول.

التحليل والاستنتاج:

أستنتج: التغير الذي يحدث لدرجة حرارة الماء بعد إضافة محلول حمض الكبريتيك.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. أداة التقويم: قائمة الرصد.

الرقم	معيّار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	أخذ الكمية المطلوبة من الحمض بشكل دقيق.		
2	تحديد كمية الحمض في المخبر المدرج بطريقة علمية صحيحة.		
3	سكب محلول الحمض على الماء ببطء وحذر.		
4	قراءة مقياس درجة الحرارة بشكل صحيح.		
5	التوصل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.		

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: التعلم المتبادل.

أوضّح للطلبة أن توزيع المهام أثناء العمل يتيح لأفراد المجموعة المشاركة الفعالة في الإنجاز، ويوفر فرصة للجميع للتعلم دون أن يستأثر بعض أفراد المجموعة بالعمل بصورة منفردة، ويعزز التعلم المتبادل، ويجعل الطلبة مسؤولين عن تعلمهم.

تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية
Energy Changes in Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

الطاقة المرافقة للتفاعل الكيميائي.

- أكتب الفكرة الرئيسية على اللوح. ثم أوضح للطلبة أن التفاعلات الكيميائية وكذلك التحولات الفيزيائية يرافق حدوثها انبعاث للطاقة أو امتصاص لها.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟

«الطاقة لا تفنى، ولا تستحدث ولكنها تتحول من شكل إلى آخر».

- أناقش الطلبة في إجاباتهم، وأذكرهم بأهم العمليات الحرارية كعمليات التسخين والتبريد، وعملية التبخر وعملية التكاثف، وأن بعض هذه العمليات يؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية، وبعضها الآخر يتطلب حدوثها تزويدها بكمية كافية من الطاقة الحرارية.

2 التدريس

بناء المفهوم: المحتوى الحراري

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بالمحتوى الحراري؟

- كثيرًا من التفاعلات يرافق حدوثها انبعاث للطاقة الحرارية مثل تفاعلات الاحتراق، وأن مصدر هذه الطاقة هو الطاقة المخزونة في المواد، في ما يُعرف بالمحتوى الحراري (الانثالي) الذي يرمز إليه بالحرف (H)، وأن الطاقة الممتصة أثناء التفاعل أو الناتجة عنه تُسمى التغير في المحتوى الحراري، ويرمز إليها بالرمز (ΔH).

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1/أ، ب) وإجابة الأسئلة الآتية:
- هل تتغير طاقة المواد المتفاعلة في أثناء التفاعل؟
- أي الشكلين: (أ) أم (ب) تكون فيه طاقة المواد الناتجة أعلى؟
- أي الشكلين: (أ) أم (ب) زادت فيه طاقة المواد بعد التفاعل؟

الطاقة المرافقة للتفاعل الكيميائي

Energy Accompaniment the Chemical Reactions

يرافق حدوث كثير من التفاعلات انبعاث كميات من الطاقة مثل الناتجة من احتراق الوقود (غاز الطبخ، والفحم وغيرها)، في حين تحتاج بعض التفاعلات إلى امتصاص الطاقة حتى تحدث، مثل طهو الطعام وتفاعلات البناء الضوئي وغيرها، ويهتم الكيميائيون بدراسة تغيرات الطاقة التي ترافق هذه العمليات والتفاعلات، فما مصدر هذه الطاقة؟ وكيف يمكن تمييز التفاعلات المختلفة؛ وفقًا لتغيرات الطاقة التي ترافق حدوثها؟

التغير في المحتوى الحراري (الانثالي) Change in Enthalpy

يحدث كثير من التفاعلات الكيميائية في المختبرات، وفي أجسام الكائنات الحية عند ضغط ثابت، ويرافق حدوثها انبعاث أو امتصاص للطاقة الحرارية، ما يشير إلى تغيرات تحدث للطاقة المخزونة في المواد المتفاعلة والناتجة التي تُسمى **المحتوى الحراري Enthalpy**، وهو كمية الطاقة المخزونة في مول من المادة، ويرمز إليه بالرمز (H)، ويُطلق على كمية الطاقة الحرارية الممتصة أو المنبعثة خلال التفاعل **التغير في المحتوى الحراري Change in Enthalpy**، ويرمز إليه بالرمز (ΔH)، وقد تكون إشارته موجبة أو سالبة؛ فإذا كانت الطاقة ممتصة خلال التفاعل تكون (ΔH) ذات إشارة موجبة (+)، أما إذا كانت الطاقة منبعثة من التفاعل فتكون ذات إشارة سالبة (-)، ويبين الشكل (1) مخطط تغير المحتوى الحراري للتفاعل.



الفكرة الرئيسية:

يرافق التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث للمواد امتصاص للطاقة أو انبعاث لها.

نتائج التعلم:

- أبين أهمية الطاقة في التفاعلات الكيميائية، وأشكالها، وتطبيقاتها.
- أصنف التفاعلات الكيميائية وفق الطاقة المصاحبة لها إلى ماصة وطاردة.
- أوظف التكنولوجيا في البحث في الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

المفاهيم والمصطلحات:

- المحتوى الحراري Enthalpy
- التغير في المحتوى الحراري Change in Enthalpy
- تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic Reactions
- تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic Reactions
- طاقة الانصهار المولية Molar Fusion Energy
- طاقة التبخر المولية Molar Evaporation Energy
- طاقة التجمد المولية Molar Freezing Energy
- طاقة التكاثف المولية Molar Condensing Energy

- أي الشكلين: (أ) أم (ب) قلت فيه طاقة المواد بعد التفاعل؟

- طاقة المواد المتفاعلة تتغير خلال التفاعل وبعده، وأن التفاعلات يرافق حدوثها تغير في المحتوى الحراري للمواد. طاقة المواد الناتجة في الشكل (أ) أعلى من طاقة المواد المتفاعلة، وهذا يشير إلى أن طاقة المواد زادت بعد التفاعل. وأن طاقة المواد الناتجة في الشكل (ب) أقل من طاقة المواد المتفاعلة، وهذا يشير إلى أن طاقة المواد قلت بعد التفاعل.
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- هل يكون التغير في المحتوى الحراري (ΔH) موجبًا أم سالبًا؟ التغير في المحتوى الحراري (ΔH) للتفاعل يكون موجبًا عند امتصاص المواد للطاقة، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر منه للمواد المتفاعلة. ويكون سالبًا عند انبعاث الطاقة من التفاعل، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل منه للمواد المتفاعلة.
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (2) وأطلب إليهم تتبع تغير الطاقة خلال سير التفاعل. ثم أشرح عليهم السؤالين الآتيين:

- كيف تتغير طاقة المواد المتفاعلة خلال سير التفاعل؟
- ما التغير النهائي الذي حدث على المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، ثم أوضح لهم أن طاقة المواد المتفاعلة تزداد خلال سير التفاعل؛ لتصل إلى أعلى قيمة لها، ثم تنخفض عند تكوين المواد الناتجة، وأن تغير المحتوى الحراري (ΔH) يعتمد على الحالة النهائية والحالة الابتدائية لطاقة المواد.

- وأن هذا التغير يمثل الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة والمتفاعلة، ثم أكتب العلاقة الرياضية للتغير في المحتوى الحراري (ΔH) على اللوح.

◀ المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني؛ بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 10 min، وأشرح عليهم الأسئلة الآتية:

- كيف يمكن تصنيف التفاعلات من حيث الطاقة المرافقة لحدوثها؟ **طاردة للطاقة، وماصة للطاقة.**

- لماذا ترتفع درجة حرارة الجو المحيط بالمدفئة؟ **احتراق الوقود يؤدي إلى انبعاث طاقة حرارية.**

- كيف تحصل خلايا الجسم على الطاقة اللازمة لأدائها العمليات الحيوية المختلفة؟ **احتراق سكر الجلوكوز في الخلايا هو مصدر الطاقة اللازمة للخلية.**

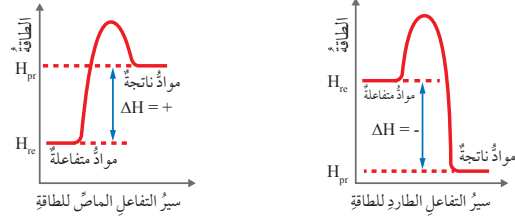
- أيهما أقل المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أم الناتجة في التفاعلات الطاردة للحرارة؟ **المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل منه للمواد المتفاعلة.**

- هل التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الطاردة سالباً أم موجباً؟ **تغير المحتوى الحراري لهذه التفاعلات يكون سالباً.**

- يعرض أحد الأفراد من كل مجموعة إجابات مجموعته، ثم أناقش الطلبة، للتوصل معهم إلى الإجابات الصحيحة.

أفكر تنتقل الحرارة من المدفئة إلى الأشخاص المحيطين بها عن طريق الحمل والإشعاع.

الشكل (2): مخطط سير تفاعل طارد للطاقة وآخر ماص لها.



يعتمد التغير في المحتوى الحراري (ΔH) على الحالة النهائية والحالة الابتدائية للتفاعل، ولا يعتمد على الطريقة التي يحدث بها التفاعل، كما يتضح من الشكل (2) الذي يبين مخطط سير تفاعل طارد للطاقة، وتفاعل آخر ماص لها.

يلاحظ أن التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يمثل الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة (H_{pr})، والمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة (H_{re})، ويُقاس بالكيلو جول (kJ)، ويمكن حسابه باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{التغير في المحتوى الحراري للتفاعل} =$$

المحتوى الحراري للمواد الناتجة - المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

$$\Delta H = (H_{pr}) - (H_{re})$$

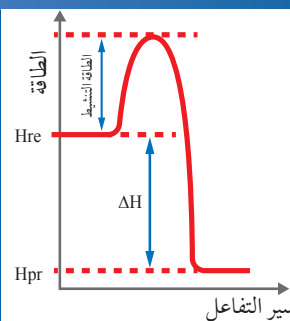
تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic Reactions

تنتقل الطاقة في كثير من التفاعلات من المواد المتفاعلة إلى الوسط المحيط مثل تفاعلات احتراق الوقود، وتفاعلات التعادل التي تحصل بين الحمض والقاعدة. فمثلاً، عند احتراق الوقود في المدفئة تنبعث منه طاقة حرارية؛ ما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الوسط المحيط، ويشعر المحيطون بالمدفئة بالدفء، وكذلك عند احتراق سكر الجلوكوز في الخلايا، فإنه يزودها بالطاقة اللازمة لأداء العمليات الحيوية المختلفة، يُطلق على التفاعلات التي من هذا النوع اسم **التفاعلات الطاردة للحرارة Exothermic Reactions**؛ حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة (H_{pr}) أقل من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة (H_{re})، وبناءً عليه؛ فإن التغير في المحتوى الحراري (ΔH) للتفاعل يكون سالباً.

نشاط سريع

- أحضر أنبوب اختبار يحتوي (5ml) من محلول حمض الهيدروكلوريك، وأطلب إلى بعض الطلبة أن يلمسوا قعر الأنبوب؛ للتحقق من درجة حرارته، ثم أسقط بلطف قطعة صغيرة من الكالسيوم وأحرّك الأنبوب، وأطلب إلى الطلبة أن يلمسوا قعر الأنبوب، ويقارنوا بين درجة حرارته قبل إضافة الكالسيوم وبعدها، ثم أطلب إليهم أن يقدموا ملاحظاتهم.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة



نظرية التصادم. تنص هذه النظرية على أن: «التفاعل بين المواد يحدث اثر تصادم دقائقها التي تمتلك طاقة كافية تصادما فعالا». ويُطلق على هذه الطاقة اسم طاقة التنشيط، وتُعرف بأنها: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على التجاذب بين الذرات عند تصادمها.

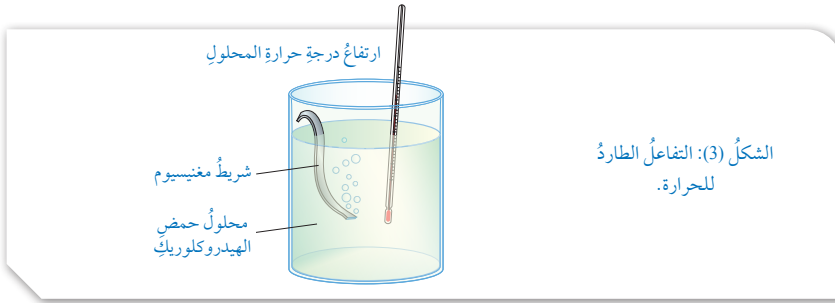
استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (3) ومعادلة تفاعل المغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك، وأطلب إليهم تحديد: أيها له محتوى حراري أكبر: المواد المتفاعلة أم الناتجة؟ كتابة الحرارة في جهة المواد الناتجة من المعادلة يشير إلى انبعاث الحرارة من التفاعل، وأن التفاعل طارد للطاقة، وأن هذه الحرارة تمثل التغير في المحتوى الحراري (ΔH) للتفاعل.

المنافشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
- هل جميع التفاعلات طاردة للحرارة؟ ومتى يكون التفاعل ماصًا لها؟

- ليست جميع التفاعلات طاردة للطاقة، وأن بعض التفاعلات تكون ماصة للحرارة مثل: تحلل CaCO_3 وتحلل NaHCO_3 ، والبناء الضوئي، إذ يتطلب حدوثها امتصاص مقدار كافٍ من الطاقة لكسر الروابط بين الذرات، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة (H_p) أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة (H_r). ويكون التغير في المحتوى الحراري (ΔH) موجبًا.
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.



الشكل (3): التفاعل الطارد للحرارة.

وكذلك؛ يتفاعل شريط المغنيسيوم (Mg) مع محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) أنظر الشكل (3)، وترتفع درجة حرارة المحلول، ما يعني أن التفاعل طارد للحرارة، حيث تنطلق طاقة حرارية من التفاعل تُسبب رفع درجة حرارة المحلول، وهذه الطاقة تمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH)، ويمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الحرارية الآتية:



يُستفاد من الحرارة (Heat) المنبعثة من التفاعلات الطاردة للحرارة في مختلف مناحي الحياة كعمليات طهو الطعام، والتسخين، وتشغيل المركبات، والآلات الصناعية وغيرها.

تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic Reactions

تحتاج بعض التفاعلات إلى كمية من الطاقة لتغلب على الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؛ فتمتص هذه المواد الطاقة من الوسط المحيط؛ ما يسبب انخفاضًا في درجة حرارته، مثل تفاعلات التحلل الحراري؛ إذ يتطلب تحلل كربونات الكالسيوم (CaCO_3) امتصاص كمية من الطاقة الحرارية لكسر الروابط بين الذرات، ويُطلق على التفاعلات التي من هذا النوع اسم **التفاعلات الماصة للحرارة Endothermic Reactions**، حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة (H_p) أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة (H_r)، ومن ثم؛ فإن التغير في المحتوى الحراري (ΔH) يكون موجبًا.

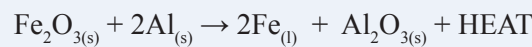
أمثلة: يُستخدم تفاعل التيرمايت في لحام قضبان السكك الحديدية، ويتطلب ذلك ترويدة بكمية كبيرة من الحرارة لبدء التفاعل، وعلى الرغم من ذلك يُعد تفاعل التيرمايت طاردًا للحرارة. أفسر ذلك.



أعمل فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج الأفلام (Movie Maker)، يبين التفاعلات الطاردة والماصة للطاقة، وعلاقتها بالمحتوى الحراري، وأحرص على أن يشتمل على رسوم تخطيطية لمنحنيات الطاقة، وصور لأمثلية توضيحية، ثم أشارك زملائي/زميلاتي في الصف.

إضاءة للمعلم/المعلمة

اكتشف تفاعل التيرمايت من قبل الكيميائي الألماني هانز جولدشميت عام (1895)، والتيرمايت مسحوق يتكون من مسحوق الألمنيوم مع أكسيد الحديد III (Fe_2O_3). يعد تفاعل التيرمايت من تفاعلات الإحلال الأحادي حيث يستخدم فيه الألمنيوم باعتباره وقودًا، فعند احتراق مسحوق التيرمايت يحل الألمنيوم محل الحديد في الأكسيد؛ مما يؤدي إلى إنتاج كمية كبيرة من الطاقة تنطلق إلى الوسط المحيط، وتسبب في رفع درجة حرارة الوسط المحيط بالتفاعل، وهذه الحرارة كافية لصهر الحديد الناتج من التفاعل، ولذلك يستخدم تفاعل التيرمايت في لحام قضبان السكك الحديدية، والمعادلة الآتية توضح ذلك:



ولا يقتصر مصطلح التيرمايت على مسحوق الألمنيوم وأكسيد الحديد، وإنما يشمل كثيرًا من أنواع الفلزات مثل: المغنيسيوم، والخصائص، والتيتانيوم، وكذلك كثيرًا من الأكاسيد مثل: أكسيد البورون، وأكسيد البزموت، وأكسيد السيليكون، وأكسيد المنغنيز، وغيرها.

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة الموثوقة عن التفاعلات الماصة والطاردة للطاقة، ثم إعداد فيلم قصير عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، وأحدد موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

أمثلة: وذلك لأن كمية الحرارة الناتجة من التفاعل أكبر بكثير من كمية الحرارة الممتصة اللازمة لبدء التفاعل.

تعريف: مفهوم التفاعل الماص للحرارة.

- أوضح للطلبة أن انصهار قطعة من الجليد عند وضعها في وعاء من الماء أو العصير، يعود إلى أن قطعة الجليد تمتص الحرارة من الماء؛ مما يسبب انخفاض درجة حرارة الماء، وتبريده.

◀ استخدام الصور والأشكال:

● أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (4)، ومعادلة تحلل كربونات الكالسيوم الهيدروجينية، وإلى إجابة السؤال الآتي:

- كيف تستدل من المعادلة أن التفاعل ماصّ للطاقة؟
أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبين لهم أن طاقة حرارية أضيفت إلى المواد المتفاعلة في المعادلة؛ ما يعني أن المواد المتفاعلة امتصت الحرارة، والتفاعل ماصّ للحرارة، وأن هذه الحرارة تمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل. وأن مجموع المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة بالإضافة إلى الطاقة المرافقة للتفاعل يكون مساويًا لمجموع المحتوى الحراري للمواد الناتجة.

أبحثُ



أوجّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث، باستخدام الكلمات المفتاحية (التسخين من دون لهب، الوجبات الساخنة لرواد الفضاء)، وإلى كتابة تقرير بذلك، أو تصميم عرض تقديمي حول الموضوع، وأحدد لهم موعداً لعرضه ومناقشته أمام زملائهم.

✓ أتحقّق:

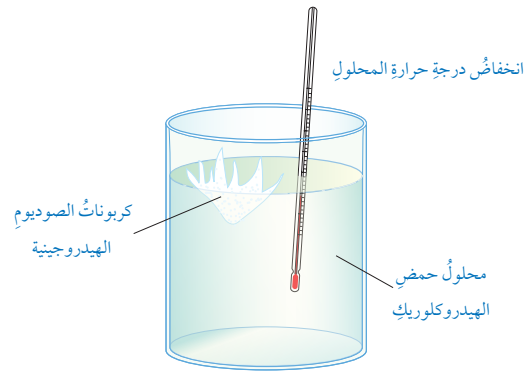
- (1 أ) التفاعل طارد للطاقة.
- (ب) التفاعل ماصّ للطاقة.

(2) الطاقة في كل من التفاعلين تمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل. ويكون سالبًا للتفاعل في المعادلة الأولى، وموجبًا في التفاعل الثاني.

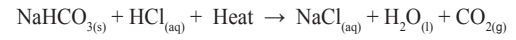
ورقة العمل (1)

أوظف التعلم التعاوني: أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدهم بورقة عمل (1) الموجودة في الملحق، ثم أوجّههم إلى الحلّ، ثم أناقشهم في الحلّ معًا، أوجّه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها، وأدير نقاشًا بين المجموعات للوصول إلى الإجابات الصحيحة.

الشكل (4): التفاعل الماصّ للطاقة.

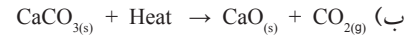
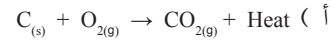


وكذلك؛ عند إضافة كربونات الصوديوم الهيدروجينية (NaHCO₃) إلى محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) تنخفض درجة حرارة المحلول، أنظر الشكل (4)؛ الأمر الذي يعني أن التفاعل امتصّ الطاقة من المحلول وتسبب في خفض درجة حرارة المحلول، وهذه الطاقة تمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH)، ويمكن التعبير عن التفاعل كما في المعادلة الآتية:



✓ أتحقّق:

1- أيّ التفاعلات الآتية يعدّ ماصًا للطاقة، وأيها يعدّ طاردًا لها:



2- ماذا تمثل الطاقة في كل من التفاعلين السابقين؟ وما إشارتها؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* بناء الشخصية: التعلم المستمر.

يعد التعلم المستمر من الاستراتيجيات الأساسية في بناء الشخصية وتنميتها؛ فهو يساعد الفرد على الحصول على المعرفة في المجالات المختلفة من مصادر متعددة؛ ما يساعد الفرد على تنمية معارفه، وتعزيز قدراته على: الحفظ، والفهم، والتحليل، والتفكير المنطقي؛ ويفضي إلى تطوير مهاراته لمواكبة التطورات العلمية المتسارعة من حوله بشكل مستمر، ومن ذلك أن يبحث المتعلم في تطبيقات التفاعلات الماصة للحرارة في نواحي الحياة.

التفاعل الطارد والتفاعل الماص للطاقة

الهدف: تمييز التفاعلات الطاردة والماصة للطاقة.

زمن التنفيذ: 30 min

إرشادات الأمن والسلامة:

- أوجه الطلبة إلى ضرورة اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أوجه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجه الطلبة إلى الحذر من تذوق محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl)، أو استنشاق بخاره.
- أوجه الطلبة إلى الحذر من لمس محلول هيدروكسيد الصوديوم أو كلوريد الأمونيوم أو تذوقهما.
- أوجه الطلبة إلى ضرورة التخلص من النفايات بصورة صحيحة بعد الانتهاء من التجربة.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الوصف، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

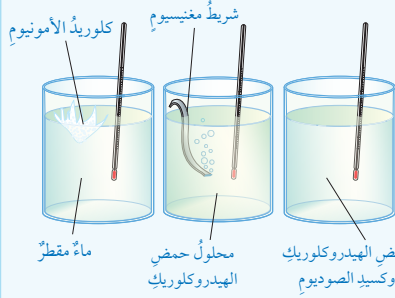
- أجهز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر، ويفضل أن تنفذ التجربة مع قيم المختبر في يوم سابق.
- أوزع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- أتجول بين مجموعات الطلبة موجهاً ومرشداً ومساعداً.
- أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- أتأكد من أنهم تمكنوا من ملاحظة تغيرات درجة حرارة المحاليل.
- تنبيه: أوجه انتباه الطلبة إلى أنه يجب إضافة محلول القاعدة إلى الحمض ببطء وحذر، والانتظار إلى حين ثبات درجة حرارة المحلول ثم أخذ قراءة مقياس الحرارة.

التحليل والاستنتاج:

1. تزداد درجة حرارة المحلول؛ أستنتج أن التفاعل طارد للحرارة.
2. تنخفض درجة حرارة المحلول؛ أستنتج أن التفاعل ماص للحرارة.
3. تزداد درجة حرارة؛ ما يعني أن التفاعل طارد للحرارة، وهذا ما سبب ارتفاع درجة حرارة المحلول الناتج.
4. في الحالتين الأولى والثالثة: تنتقل الحرارة من التفاعل

التجربة 1

التفاعل الطارد والتفاعل الماص للحرارة



المواد والأدوات: ثلاث كؤوس زجاجية، ميزان حرارة، ملعقة، ميزان حساس، قضيب زجاجي، مخبر مدرج، محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl) تركيزه (0.5mol/L)، هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيزه (0.5mol/L)، بلورات كلوريد الأمونيوم (NH₄Cl)، شريط من المغنيسيوم (2 cm)، ماء مقطر.

إرشادات السلامة:

- أتبع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أرثدي معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذر من تنشق بخار محلول حمض الهيدروكلوريك (HCl)، أو استنشاق بخاره.
- أحذر من لمس محلول هيدروكسيد الصوديوم أو كلوريد الأمونيوم أو تذوق أي منهما.

خطوات العمل:

1. أقيس: أضغ في الكأس الأولى (20 mL) من محلول حمض الهيدروكلوريك باستخدام المخبر المدرج. وأقيس درجة حرارة المحلول في الكأس، وأسجلها.
2. أقيس: أضيف شريطاً من المغنيسيوم طوله (2 cm)، أحرك المحلول ببطء، وأقيس درجة حرارته، وأسجلها.
3. ألاحظ: درجة حرارة المحلول بعد إضافة شريط المغنيسيوم؛ هل ارتفعت أم انخفضت؟
4. أقيس: أضغ في الكأس الثانية (20 mL) من الماء باستخدام المخبر المدرج. وأقيس درجة حرارته، وأسجلها.
5. أزن: باستخدام الميزان الحساس أزن (5 g) من كلوريد الأمونيوم، وأضيفها إلى الكأس، وأحرك المحلول ببطء، وأقيس درجة حرارة المحلول، وأسجلها.
6. ألاحظ: درجة حرارة الماء بعد إضافة كلوريد الأمونيوم؛ هل ارتفعت أم انخفضت؟

7. أقيس: أضغ في الكأس الثالثة (20 mL) من محلول حمض الهيدروكلوريك باستخدام المخبر المدرج. وأقيس درجة حرارته وأسجلها.
8. أقيس: أضيف إلى الكأس (20 mL) من محلول هيدروكسيد الصوديوم، وأحرك المحلول ببطء، وأقيس درجة حرارته وأسجلها.
9. ألاحظ: درجة حرارة المحلول بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم؛ هل ارتفعت أم انخفضت؟
10. أنظم: أسجل البيانات والقياسات، وأنظمها في جدول.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أصف التغير الذي يحدث لدرجة حرارة محلول حمض الهيدروكلوريك بعد تفاعله مع شريط المغنيسيوم. ماذا أستنتج؟
- 2- أصف التغير الذي يحدث لدرجة حرارة الماء بعد تفاعله مع كلوريد الأمونيوم. ماذا أستنتج؟
- 3- أصف التغير الذي يحدث لدرجة حرارة محلول حمض الهيدروكلوريك بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم. ماذا أستنتج؟
- 4- أفسر التغير الذي يحصل لدرجة الحرارة في كل حالة.

إلى الوسط المحيط؛ مما يسبب ارتفاعاً في درجة حرارة المحلول الناتج في الحالتين. أما في حالة إضافة كلوريد الأمونيوم إلى الماء فإن الانخفاض في درجة حرارة المحلول يعود إلى أن التفاعل يحصل على الطاقة اللازمة لحدوثه من الماء؛ ما سبب انخفاض درجة حرارته، ما يعني أن الحرارة انتقلت من الوسط المحيط إلى التفاعل.

أداة التقييم: قائمة الرصد.

استراتيجية التقييم: الملاحظة.

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	أخذ الكمية المطلوبة بدقة.		
2	سكب محلول القاعدة على الحمض ببطء وحذر.		
3	قراءة مقياس درجة الحرارة بشكل صحيح.		
4	وصف التغير في درجة حرارة بدقة.		

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم أوجّه إليهم السؤالين الآتيين:

- كيف يجري تحول المادة من حالة إلى أخرى في الشكل؟
- التغيرات في الحالة الفيزيائية للمادة تحدث بتغيير درجة الحرارة، والضغط المؤثر على المادة في حالة المادة الغازية.
- هل يرافق حدوث هذه العمليات تغير في التركيب الكيميائي للمادة؟
- التركيب الكيميائي للمادة لا يتغير خلال هذه العمليات، إنها تتغير فقط حالتها الفيزيائية، ويرافق ذلك امتصاص المادة للطاقة أو انبعاثها منها.

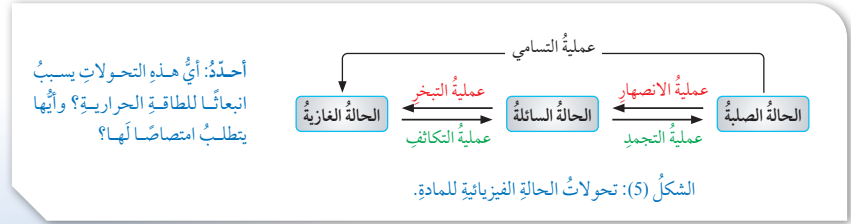
◀ المناقشة:

- أقسم الطلبة في مجموعات، وأستخدم (اثن-مرر)، ثم أكتب السؤالين الآتيين على قصاصات كرتونية.
- ما المقصود بالانصهار؟
- تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.
- ماذا تتطلب عملية الانصهار للحدوث؟
- يتطلب ذلك تزويد المادة بكمية كافية من الطاقة للتغلب على التجاذب بين جزيئات المادة أو ذراتها؛ لتتحول إلى الحالة السائلة.
- أزد كل مجموعة بورقة منها، وأطلب إلى أحد أفرادها كتابة إجابة السؤال وتمرير الورقة إلى زميله ليكتب إجابته؛ وأحدد لهم 3 min، ثم أطلب إليهم التوقف عن تمرير الورقة ليقرأ الطالب الأخير الإجابات.
- أجري مناقشة مع الطلبة، موضحاً لهم مفهوم الانصهار.

◀ بناء المفهوم:

طاقة الانصهار المولية

- أ طرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بطاقة الانصهار المولية؟
- أوجّه الطلبة إلى دراسة معادلة تحول الجليد إلى ماء سائل، وأبين لهم بالاعتماد على المعادلة أن انصهار مول من الماء الصلب (الجليد) وتحوّله إلى مول من الماء السائل يتطلب تزويده بكمية من الطاقة تساوي (6.01kJ).



الطاقة والحالة الفيزيائية للمادة

Energy and Physical State of Matter

توجد المادة في حالات فيزيائية ثلاث، هي: الصلبة والسائلة والغازية، ولكل من هذه الحالات خصائص معينة تعتمد على طبيعة المادة والروابط بين جسيماتها، ويمكن أن تتحول المادة من حالة فيزيائية إلى أخرى، فيمكن تحويل الغازات إلى سوائل بالضغط والتبريد، كذلك يمكن تحويل المادة الصلبة إلى السائلة بالتسخين، وهذا يشير إلى أنه يرافق تحول المادة من حالة فيزيائية إلى أخرى تغيرات في الطاقة؛ فقد يكون هذا التحول ماصاً للطاقة أو طارداً لها. ويبين الشكل (5) تغيرات الطاقة المصاحبة للتحولات الفيزيائية للمادة.

الانصهار Fusion

عملية تحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، وهذا يتطلب تزويد المادة بكمية كافية من الطاقة الحرارية؛ للتغلب على الترابط بين جزيئات المادة أو ذراتها، وهذا يعني أن الانصهار عملية ماصة للطاقة، فمثلاً يمتص الجليد طاقة حرارية من الوسط المحيط ليتحول إلى الماء السائل، وهو ما يفسر الشعور ببرودة الجو نتيجة انخفاض درجة حرارته؛ بسبب انصهار الثلج في أيام الشتاء، وتسمى كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة الصلبة عند درجة حرارة ثابتة إلى الحالة السائلة **طاقة الانصهار المولية Molar Fusion Energy**، ولكل مادة طاقة انصهار خاصة بها، فطاقة الانصهار المولية للجليد مثلاً تساوي (6.01 kJ)، ويمكن التعبير عنها بالمعادلة الكيميائية الآتية:



49

إجابة سؤال الشكل (5):

عملية الانصهار والتبخر وكذلك عملية التسامي يتطلب حدوثها تزويدها بكمية كافية من الحرارة، ومن ثم فهي عمليات ماصة للحرارة. بينما عملية التجمد والتكاثف يسبب حدوثها انبعاثاً للحرارة، ما يعني أنها عمليتان طاردتان للحرارة.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة

عند تكوين الجزيئات ينشأ بينها قوى تجاذب تسمى قوى التجاذب بين الجزيئات، تجعل جزيئات المادة مترابطة مع بعضها دون أن ينفصل كل جزيء عن الآخر، وهي تختلف عن أنواع الروابط التي تعرفتها في الدروس والصفوف السابقة، ومن أشهر هذه القوى: قوى التجاذب ثنائي القطب، وقوى الترابط الهيدروجيني، وقوى لندن، وهذه القوى هي المسؤولة عن التحولات الفيزيائية للمادة. وسوف نتعرف هذه القوى في الصف اللاحق.

◀ المناقشة:

● أطر على الطلبة الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالتبخّر؟ وكيف تحدث هذه العملية؟ التبخّر هو تحول المادة السائلة إلى الحالة الغازية. وتتطلب عملية التبخّر تزويد المادة بكمية كافية من الحرارة تعمل على تحرير الجزيئات أو الذرات من قوى التجاذب بينها لتتحول إلى الحالة الغازية، وبذلك فهي عملية ماصة للحرارة.
- ما المقصود بطاقة التبخّر المولية؟ كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول من المادة السائلة عند درجة حرارة معينة.
- ما سبب شعور الجسم بالبرد أو القشعريرة بعد الاستحمام؟ لأنه يتبخّر الماء عن سطح الجسم مستمداً الطاقة الحرارية من الجلد؛ ما يخفض حرارة الجسم فيشعر بالبرودة.
- ما المقصود بعملية التجمد؟ وكيف تحدث هذه العملية؟ التجمد هو تحول المادة السائلة إلى الصلبة. ويتطلب ذلك فقدان المادة كمية من الحرارة عن طريق تبريدها بخفض درجة حرارتها؛ فيقلل من حرية حركة الجزيئات أو الذرات، ويزيد من تجاذبها وتماسكها، وبذلك فهي عملية طاردة للحرارة.
- ما المقصود بطاقة التجمد المولية؟ كمية الطاقة الناتجة من تجمد مول من المادة السائلة عند درجة حرارة معينة.
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

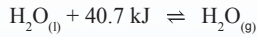
التبخّر والتجمد

طريقة أخرى للتدريس

- أوظّف التعلّم التعاوني، وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية، خلال 10 min.
- أقسّم الطلبة إلى مجموعات.
- أكلف كل مجموعة بدراسة أحد التحولات الفيزيائية للمادة.
- يقدم أفراد المجموعة شرحاً توضيحياً للعملية (بحيث يتحدث كل فرد منها عن جزئية محددة).
- يقدم أحد أفراد المجموعة ملخصاً للحالة الفيزيائية التي درستها مجموعته.
- بعد تقديم المجموعات مهامها، أستمع لأسئلة الطلبة، وأدير نقاشاً حول هذه التساؤلات، مقدّماً لهم إجابات عليها.

التبخّر Evaporation

عملية تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، حيث تصبح جزيئات المادة أو ذراتها أكثر قدرة على الحركة؛ ما يتطلب تزويدها بكمية من الطاقة الحرارية تعمل على تحرير الجزيئات أو الذرات من قوى الترابط بينها في الحالة السائلة، وبذلك، فهي عملية ماصة للطاقة؛ حيث تستمدّ المادة الطاقة الحرارية اللازمة من الوسط المحيط، وهذا يفسّر الشعور بالبرودة أو القشعريرة بعد الاستحمام، إذ يتبخّر الماء عن سطح الجسم مستمداً الطاقة الحرارية اللازمة لذلك من الجلد؛ ما يخفض حرارة الجسم ويحدث الشعور بالبرودة، ويطلق على كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول من المادة السائلة عند درجة حرارة معينة **طاقة التبخّر المولية Molar Evaporation Energy**، ولكل مادة طاقة تبخّر خاصة بها؛ فطاقة التبخّر المولية للماء مثلاً تساوي: (40.7 kJ)، ويمكن التعبير عنها بالمعادلة الكيميائية الآتية:



التجمد Freezing

عملية تحول المادة السائلة إلى صلبة عن طريق تبريدها بخفض درجة حرارتها؛ فيقلل من حرية حركة الجزيئات أو الذرات، ويزيد من تجاذبها وتماسكها، وهذا يتطلب فقدانها كمية من الطاقة، ويطلق على هذه العملية: التجمد Freezing، وكمية الطاقة الناتجة من تجمد مول من المادة عند درجة حرارة معينة تساوي الطاقة اللازمة لصهرها عند درجة الحرارة نفسها. فمثلاً، يتجمد الماء ويتحول إلى جليد عند درجة صفر سلسيوس وفي الوقت نفسه ينصهر الجليد ويتحول إلى الماء السائل عند درجة الحرارة نفسها، فإذا جمّد مول من الماء وتحول إلى جليد، تنطلق نتيجة لذلك كمية من الطاقة تساوي (6.01 kJ)، وتسمى **طاقة التجمد المولية Molar Freezing Energy**.

أفكر: تسهّم عملية التبخّر في الحفاظ على درجة حرارة سطح الأرض وتوزيع الحرارة عليه، أوضح ذلك.



50

⚠️ أخطاء شائعة

- يطلق بعض الطلبة على عملية الانصهار اسم الذوبان. وفي الواقع هما عمليتان مختلفتان، فعملية الانصهار عملية فيزيائية تحتفظ المادة خلالها بخواصها الكيميائية وتفقد كثيراً من خواصها الفيزيائية، بينما عملية الذوبان هي انتشار لمكونات المادة المذابة بين مكونات المذيب، وقد يرافق ذلك حدوث تغيرات في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمادة. أي أن عملية الذوبان تتطلب وجود مذيب ومذاب، في حين أن عملية الانصهار لا تتطلب ذلك.

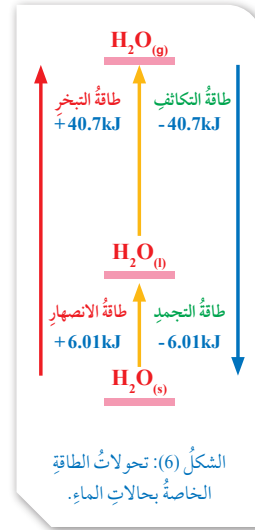
أفكر: عند تبخر المياه من المسطحات المائية فإنها تمتص الحرارة من أشعة الشمس والوسط المحيط، وتخزن هذه الطاقة في بخار الماء الذي ترتفع درجة حرارته وتقل كثافته ويرتفع للأعلى ويتحرك مع الرياح وعند وصوله إلى طبقات الجو العليا الأقل حرارة فإنه يبرد ويتكاثف ويفقد تلك الطاقة، وهذا فإنه يساعد على نقل الطاقة وتوزيع الحرارة من مكان إلى آخر.

التكاثف Condensation

يتكاثف الغاز ويتحول إلى سائل عند زيادة الضغط المؤثر فيه وخفض درجة حرارته؛ فتتربّب نتيجة ذلك جزيئات الغاز من بعضها بالقدرة الذي يسمح بتجاذبها وتحولها إلى سائل، ويُطلَق على هذه العملية التكاثف Condensation، وهذا أيضًا يسبب انبعاث طاقة حرارية. وتُسمى كمية الطاقة المنبعثة عند تكاثف مول من الغاز عند درجة الغليان **طاقة التكاثف المولية Molar Condensing Energy**، وهي تساوي طاقة التبخر المولية. وهكذا نجد أن عمليتي التجمد والتكاثف هما تحولاتٌ طاردةٌ للطاقة الحرارية.

التسامي Sublimation

تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية من دون المرور بالحالة السائلة، وهذا يتطلب تزويد المادة بالطاقة اللازمة لتكسير الروابط بين جزيئاتها أو ذراتها، ويصبح التجاذب بينها ضعيفًا جدًا فتتحول إلى الحالة الغازية، فتسامي مول من الجليد مثلًا، يتطلب تزويده بمقدار من الطاقة يساوي (46.71 kJ)، وكمية الطاقة هذه تساوي مجموع كمية الطاقة اللازمة عند تحويله إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الغازية، وبين الشكل (6) تغيرات الطاقة المصاحبة لتحولات الماء في الحالات الثلاث.



أتحقق!

- أي التحولات الفيزيائية الآتية يرافقه انبعاث للحرارة؟ وأيها يرافقه امتصاص لها:
- أ) جفاف الملابس بعد غسلها ونشرها وتعريضها لأشعة الشمس.
- ب) انصهار الكتل الجليدية أيام الربيع في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية.
- ج) تكوّن الصقيع (الجليد) في ليالي الشتاء الباردة.



أصمّم باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عرضًا يوضّح دورة الماء في الطبيعة وتحولات الطاقة المرافقة لحدوثها، ثمّ أشارك زملائي/ زميلات في الصفّ.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:
- ما المقصود بالتكاثف؟
- كيف تحدث هذه العملية؟
- ما المقصود بطاقة التكاثف المولية؟

أقبل إجابات الطلبة، وأبين لهم مفهوم التكاثف، وأنه يحدث عند انخفاض درجة حرارة المادة وعندما تتقارب جزيئاتها أو ذراتها بقدر يسمح بتجاذبها وتحوّلها إلى الحالة السائلة؛ حيث تفقد كمية كافية من الطاقة، وأن كمية الطاقة الناتجة من تكاثف مول واحد من المادة الغازية عند درجة الغليان تسمى طاقة التكاثف المولية، وهي تساوي طاقة التبخر المولية للمادة.

بناء المفهوم:

التسامي

- أوجّه انتباه الطلبة إلى أنه يمكن ملاحظة تصاعد البخار من الثلج المتراكم عند ظهور الشمس في أيام الشتاء، مبيّنًا لهم أن الجليد أو الثلج يتحول من الحالة الصلبة مباشرة إلى الحالة الغازية بعملية تسمى تسامي الجليد، وأوضّح لهم هذه العملية.

استخدام الصور والأشكال:

- أوظّف الشكل (6) لتوضيح عملية التسامي بصفتها عملية فيزيائية تكتسب فيها المادة كمية كافية من الحرارة تساوي مجموع كمية الحرارة اللازمة للانصهار، وكمية الحرارة اللازمة للتبخّر.

أتحقق!

- أ) تمتص جزيئات الماء المشربة داخل الملابس الطاقة الشمسية (الحرارية)؛ مما يسبب تبخرها ومغادرتها للملابس، ومن ثمّ يسبب جفافها.
- ب) أيام الربيع في المناطق الإستوائية يبدأ سقوط أشعة الشمس على الكتل الجليدية التي تمتص الطاقة الشمسية (الحرارية)؛ مما يسبب انصهارها.
- ج) في ليالي الشتاء الباردة عند انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر السيليزي، تبرد اليااسة بسرعة أكبر من الماء الموجود عليها وتنخفض درجة حرارتها، بينما يفقد الماء الحرارة بسرعة أقل وتبقى درجة حرارته أعلى من اليااسة؛ مما يسبب انتقال الحرارة من الماء إلى اليااسة وتنخفض درجة حرارته إلى حد كافٍ للتجمد وتكوّن الصقيع.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة

عند تسخين الماء إلى درجة الغليان فإنه يستمر بالتبخّر دون حدوث زيادة في درجة حرارة الماء، أي أنه يكتسب طاقة حرارية مع بقاء درجة حرارته ثابتة عند درجة الغليان. وتسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان بالحرارة الكامنة للتصعيد أو التبخر. وأيضًا تسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة ثابتة، الحرارة الكامنة للانصهار.

الربط بالحياة: الكمادات الباردة والساخنة

- أوظف (فكر - انتق زميلاً - شارك) على النحو الآتي:
فكر: أطلب إلى الطلبة الإجابة عن الأسئلة الآتية:
- ما علاقة التفاعلات الكيميائية بعمل الكمادات الباردة أو الساخنة؟ تستخدم للتخفيف من الآلام الناتجة من الإصابات والكدمات التي يتعرض لها الرياضيين.
- مم تتكون الكمادة؟ كيس بلاستيكي يحتوي على مادة كيميائية بالإضافة إلى كيس صغير من الماء.
- كيف تعمل الكمادة الساخنة؟ عند ضغط الكمادة ينفجر كيس الماء داخلها ويختلط بالمادة الكيميائية ويذوبها ويرافق ذلك انبعاث طاقة حرارية ترفع درجة حرارة المحلول.



الربط بالحياة: الكمادات الباردة والساخنة

يتعرض الرياضيون للإصابات والكدمات في أثناء المباريات الرياضية أو في أثناء التدريبات، وقد استُفيد من التفاعلات الماصة والتفاعلات الطاردة للحرارة في صناعة ما يُسمى بالكمادات الفورية التي تُستخدم للتخفيف من الآلام الناتجة من هذه الإصابات، وهي تتكون من كيس بلاستيكي يحتوي على مادة كيميائية بالإضافة إلى كيس صغير من الماء، وعند ضغط الكمادة ينفجر كيس الماء داخلها ويختلط بالمادة الكيميائية ويعمل على إذابتها، ويرافق ذلك انبعاث طاقة حرارية ترفع درجة حرارة المحلول، وتتكون الكمادة الساخنة، وعادةً يُستخدم كلوريد الكالسيوم أو كبريتات المغنيسيوم في هذه الكمادات. وقد تُستخدم في الكمادة مادة نترات الأمونيوم التي تؤدي إذابتها في الماء إلى امتصاص طاقة حرارية من الوسط المحيط، ويؤدي إلى انخفاض درجة حرارة المحلول، وتتكون الكمادة الباردة، وبهذا يمكن استخدام النوع المناسب من الكمادات ضمن عمليات الإسعاف الأولية التي يقدمها الاختصاصيون المرافقون للفريق في أثناء المباريات.

أبحثُ



لعلي لاحظتُ أن التحولات الفيزيائية في حالة المادة يرافقها امتصاص أو انبعاث للطاقة الحرارية، فهل جميع التحولات الفيزيائية والكيميائية للمواد ترفقها طاقة حرارية دائماً؟
مستعينا بالكلمات المفتاحية الآتية: (الطاقة المرافقة للتفاعلات، أشكال الطاقة الكيميائية، الطاقة والتنفس) أبحث عن أشكال أخرى للطاقة ترفق التغيرات الكيميائية والفيزيائية للمادة، وأكتب تقريراً بذلك، أو أصمم عرضاً تقديمياً حول الموضوع، وأعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

52

أبحثُ



أوجه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية (الطاقة المرافقة للتفاعلات، أشكال الطاقة الكيميائية، الطاقة والتنفس) ثم كتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وأحدد لهم موعداً لمناقشته.

نتائج متوقعة:

معظم النتائج سوف تشير إلى الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية والطاقة الضوئية: وقد نجد بعض النتائج تتحدث عن الطاقة النووية، أو خلية الوقود أو الطاقة الحيوية أو الطاقة المصاحبة للتفاعلات العضوية في أجسام الكائنات الحية كعمليات البناء الضوئي في النبات، وعمليات الأيض في الكائنات الحية.

- ما المواد الكيميائية التي تستخدم في الكمادة الساخنة؟
كلوريد الكالسيوم أو كبريتات المغنيسيوم.
- كيف تعمل الكمادة الباردة؟ عند ضغط الكمادة ينفجر كيس الماء داخلها ويختلط بالمادة الكيميائية ويذوبها ويرافق ذلك امتصاص طاقة حرارية من الوسط المحيط، فتتخفض درجة حرارة المحلول.
- ما المادة الكيميائية التي تستخدم في الكمادة الباردة؟
نترات الأمونيوم.
انتق زميلاً: أطلب إلى أحد الطلبة/ الطالبات اختيار أحد زملائه/ إحدى زميلاتها لمناقشة الإجابات وتبادلها في ما بينهما بكتابة الإجابة على ورقة.
شارك: أطلب إليهم مشاركة ما توصلوا إليه مع زملائهم/ زميلاتهم.
● أناقش الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج

والمواد الدراسية



* بناء الشخصية: المشاركة

أبين للطلبة أن المشاركة تعد عنصراً أساسياً في التفاعل الاجتماعي وهي المسؤولة عن تعزيز الروابط الاجتماعية، وأن للمشاركة أشكالاً متعددة منها المشاركة في المعرفة، ولذلك من الضروري مشاركة الطلبة بعضهم بالمعرفة التي يتوصلوا إليها من خلال عمليات البحث؛ مما يساعد على تعزيز علاقاتهم ببعض، وينميها ويوسع نطاق البحث والفائدة.

52

مراجعة الدرس

1 لكل من حالات المادة خصائص معينة تعتمد على طبيعة المادة والروابط بين جسيماتها، وتتحول المادة من حالة فيزيائية إلى أخرى؛ فتتحول الغازات إلى سوائل بالتبريد والضغط، وتتحول الصلبة إلى سوائل بالتسخين. وبذلك قد يكون التغير ماصًا للطاقة أو طاردًا لها.

2 المحتوى الحراري: كمية الطاقة المخزونة في مول واحد من المادة.

التفاعل الماص للحرارة: تفاعل يتطلب حدوثه امتصاص كمية من الطاقة الحرارية؛ للتغلب على الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة.

التفاعل الطارد: تفاعلات ينتج عن حدوثها انبعاث كمية من الطاقة الحرارية.

طاقة التبخر المولية: كمية الطاقة اللازمة لتبخير مول من المادة عند درجة حرارة معينة.

طاقة التكاثف المولية: كمية الطاقة المنبعثة عند تكاثف مول من الغاز عند درجة الغليان.

$$\Delta H = (H_{pr}) - (H_{re})$$

$$\Delta H = 120\text{kJ} - 80\text{kJ} = 40\text{kJ}$$

وتكون إشارته موجبة.

4 لأن المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

5 التفاعل الأول: طارد للحرارة

التفاعل الثاني: ماص للحرارة

6 أ) لأن انصهار الجليد يتطلب امتصاص كميات من الطاقة يتم الحصول عليها من الوسط المحيط (اليابسة والهواء)؛ مما يسبب انخفاضًا في درجة حرارة الجو والهواء الملاصق لسطح الأرض.

ب) لأن تفاعل المادة المكونة للكمامة الباردة يتطلب امتصاصًا للطاقة الحرارية يتم الحصول عليها من جسم الطفل؛ مما يسبب انخفاضًا في درجة حرارة الجسم.

$$\Delta H = (H_{pr}) - (H_{re})$$

$$-60\text{kJ} = 140\text{kJ} - (H_{re})$$

$$H_{re} = 140\text{kJ} + 60\text{kJ} = 200\text{kJ}$$

مراجعة الدرس

1- أفسر: تغيرات الطاقة المصاحبة للتحويلات الفيزيائية.

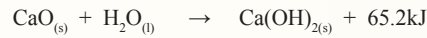
2- ما المقصود بكل مما يأتي:

- المحتوى الحراري.
- التفاعل الماص للحرارة.
- طاقة التبخر المولية.
- طاقة التكاثف المولية.
- التفاعل الطارد.

3- أستخدم الأرقام: إذا كان المحتوى الحراري للمواد الناتجة لتفاعل ما (120kJ)، وللمواد المتفاعلة (80kJ)، فأحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل؟ وما إشارته؟

4- أفسر: التغير في المحتوى الحراري لبعض التفاعلات يكون سالبًا (ΔH).

5- أصنف التفاعلات الماصة للحرارة والتفاعلات الطاردة لها:



6- أفسر:

أ) الانخفاض النسبي لدرجة حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض في أثناء انصهار الثلج في أيام الشتاء.

ب) تُستخدم الكمامة الباردة للمساعدة على خفض درجة حرارة الأطفال الذين يعانون الحمى.

7- أستخدم الأرقام: إذا كان المحتوى الحراري للمواد الناتجة من تفاعل ما (140 kJ)، والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل (-60 kJ)، فأحسب المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* التفكير: التحليل

أوجه الطلبة أثناء حل الأسئلة إلى أنه يجب توظيف مهارات التحليل لمعطيات السؤال وتفحص المعلومات، والربط بينها، ثم تحديد العلاقات المرتبطة بها؛ للتوصل إلى نتائج صحيحة ومنطقية.

الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة
Absorbed and Emitted Energy of Matter

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

- أوجه الطلبة إلى قراءة الفكرة الرئيسية للدرس.
- أوضح للطلبة أن المواد تتبادل الطاقة في ما بينها؛ تبعاً لطبيعتها واختلاف درجة حرارتها.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجه إلى الطلبة السؤال الآتي:
- ما طرائق انتقال الحرارة؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأذكرهم بطرائق انتقال الحرارة (التوصيل والحمل والإشعاع)، وأنه يمكن للمادة أن تكتسب الحرارة أو تفقدها؛ تبعاً لدرجة حرارتها، ودرجة حرارة الوسط الذي توجد فيه.

2 التدريس

استخدام الصور والأشكال:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، وأطرح عليهم السؤال الآتي:
- كيف تنتقل الحرارة في كل من: التفاعلين الطارد للحرارة والماص لها؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أيقن لهم أن: المادة تتبادل الطاقة مع الوسط المحيط؛ تبعاً لدرجة حرارتها ودرجة حرارة الوسط المحيط، فالحرارة تنتقل من الوسط الأعلى درجة حرارة إلى الوسط الأقل درجة حرارة. وأوضح لهم اتجاه انتقال الحرارة في التفاعل الماص والتفاعل الطارد، وأثر ذلك على درجة حرارة المادة والوسط المحيط.
- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (8)، وأطرح عليهم السؤال الآتي:
- إذا سُخِّنَت كمية معينة من الماء مدة معينة باستخدام البرافين السائل؛ ماذا تتوقع أن يحدث لدرجة حرارة الماء؟ وما سبب ذلك؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوضح لهم: أنه سوف ترتفع درجة حرارة الماء، وسبب ذلك أن احتراق الوقود تفاعل طارد للحرارة، وأن الماء سوف يمتص الحرارة

تبادل الطاقة بين المادة والمحيط

Energy Exchange between Matter and the Surrounding

تتبادل المواد المختلفة الحرارة مع الوسط المحيط بها، حيث تنتقل الحرارة عادةً من المادة ذات درجة الحرارة العليا إلى المادة ذات درجة الحرارة الدنيا، ولعلك تلاحظ أنه عند تسخين كأس يحوي كمية من الماء، فإن الماء سوف ترتفع درجة حرارته، وعند وضع الكأس في الهواء مدة وجيزة سوف تنخفض درجة حرارة الماء داخله، ويرجع السبب في ذلك إلى أنه فقد كمية من طاقته الحرارية وانتقلت إلى الوسط المحيط به (الهواء)؛ فنخفض نتيجة ذلك درجة حرارة الماء، ويبين الشكل (7) عملية تبادل الحرارة بين المواد والوسط المحيط بها.



الشكل (7): تبادل الحرارة بين المادة والوسط المحيط.

تعد تفاعلات احتراق الوقود من التفاعلات الطاردة للطاقة الحرارية؛ فمثلاً، عند تسخين كمية معينة من الماء باستخدام البرافين السائل (الكاز)، فإن الحرارة الناتجة من الاحتراق سوف تنتقل إلى الماء مسببةً رفع درجة حرارته، كما في الشكل (8).

ومن الجدير بالذكر أن ارتفاع درجة حرارة الماء خلال مدة زمنية معينة من التسخين يعد مؤشراً على كمية الحرارة الناتجة من الاحتراق، مع مراعاة أن جزءاً قليلاً من الحرارة الناتجة من الاحتراق سوف ينتقل إلى الهواء المحيط، وتختلف كمية الحرارة الناتجة من الاحتراق باختلاف نوع الوقود المستخدم، كذلك تختلف المواد في قدرتها على امتصاص الحرارة باختلاف نوع المادة وطبيعتها. ولفهم هذه التغيرات سوف نتعرف بعض المفاهيم الخاصة بالحرارة، مثل: السعة الحرارية، والحرارة النوعية.

الفكرة الرئيسية:

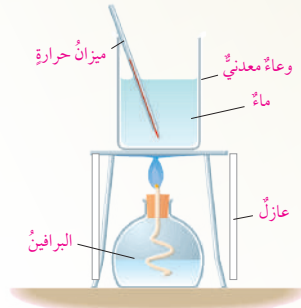
تتبادل المواد الطاقة في ما بينها وبين الوسط المحيط؛ تبعاً لطبيعتها واختلاف درجة حرارتها.

نتائج التعلم:

- أحسب كمية الطاقة التي تمتصها أو تصدرها المادة.
- أجري تجارب عملية حول الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة.

المفاهيم والمصطلحات:

Heat Capacity	السعة الحرارية
Specific Heat	الحرارة النوعية
Calorimetr	المُسعِر



الشكل (8): قياس الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود.

الناتجة عن الاحتراق؛ ما يسبب الارتفاع في درجة حرارته، وأن مقدار الارتفاع في درجة حرارة الماء يعد مؤشراً على كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق التي تختلف باختلاف الوقود المستخدم.

نشاط سريع

أجهز موقدي اشتعال وأضع في أحدهما كمية من البرافين السائل، وفي الآخر كمية ماثلة من الكحول الإيثيلي، أضع في كأسين زجاجيتين 200 ml من الماء، أطلب إلى مجموعة من الطلبة تسخين الكأس الأولى على موقد البرافين ومجموعة أخرى تسخين الكأس الثانية على موقد الكحول، وقياس درجة الحرارة بعد دقيقتين بالضبط. وأطلب إليهم ملاحظة اختلاف درجة حرارة الماء في الكأسين.

أخطاء شائعة

- يعتقد بعض الطلبة أن البرودة تنتقل كانتقال الحرارة، والحقيقة أن البرودة والسخونة لا تنتقل، إنما هي صفات للمادة تُستخدم للتعبير عن كمية الطاقة المخزونة في المادة، وتعد درجة الحرارة مقياساً لمدى سخونة المادة أو برودتها.

السعة الحرارية Heat Capacity

عند تعريض المادة للحرارة، فإنها تمتص كمية من الحرارة وترتفع درجة حرارتها، وتسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سلسيوس واحدة: **السعة الحرارية Heat Capacity**، يُرمز إليها بالحرف (C)، وهي تعتمد على كتلة المادة ومقدار التغير في درجة حرارتها، وتُقاس بوحدة جول/درجة سلسيوس (J/°C)، ويمكن قياس كمية الحرارة التي تمتصها المادة عند تسخينها أو التي تنبعث منها عند تبريدها باستخدام العلاقة الآتية:

$$q = C \cdot \Delta t$$

q: كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة (J)

C: السعة الحرارية للمادة (J/°C)

Δt : التغير في درجة الحرارة (درجة الحرارة النهائية t_2 - درجة

الحرارة الابتدائية t_1) ($\Delta t = t_2 - t_1$)

الحرارة النوعية Specific Heat

تعدُّ **الحرارة النوعية Specific Heat** من الخصائص المميزة للمادة، وتُعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة واحدة سلسيوس عند ضغط ثابت. وتُقاس بوحدة (جول/غرام. درجة سلسيوس) أو (J/g.°C)، فمثلاً، الحرارة النوعية للماء تساوي (4.18 J/g.°C)، وهذا يعني أنه لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة واحدة سلسيوس فإن الغرام الواحد يمتص طاقة حرارية مقدارها (4.18 J)، بينما الحرارة النوعية للحديد تساوي (0.45 J/g.°C)، وهذا يعني أنه لرفع درجة حرارة غرام واحد من الحديد درجة واحدة سلسيوس، فإنه يمتص طاقة حرارية مقدارها (0.45 J)، وهذا أقل بكثير من الحرارة التي يمتصها غرام واحد من الماء لتزداد درجة حرارته درجة واحدة سلسيوس، أي أنه كلما قلت الحرارة النوعية للمادة، فإن امتصاصها كميات قليلة من الحرارة، يؤدي إلى زيادة ملحوظة في درجة حرارتها.

الربط بالعلوم الحياتية

الحرارة النوعية للماء والعلوم الحياتية: تُقدَّر الحرارة النوعية للماء بحوالي (4.18 J/g.°C) وبهذا يُعدُّ الماء أكثر المواد حرارة نوعية في الطبيعة، وحيث إنه يشكل حوالي (70%) من أجسام الكائنات الحية، فإنها لا تتأثر بتغيرات درجة الحرارة ليلاً ونهاراً صيفاً وشتاءً، فتبقى درجة حرارتها ثابتة؛ الأمر الذي يحافظ على حياة الكائنات الحية. وكذلك بالنسبة إلى مياه البحار والمحيطات التي تتعرض لأشعة الشمس بشكل كبير فإن درجة حرارتها لا تتأثر كثيراً، ولا ترتفع درجة حرارتها بشكل كبير؛ فيجعلها بيئة مناسبة لحياة كثير من الكائنات البحرية التي تعيش في هذه المياه سواءً الأسماك بأنواعها أو النباتات.

المناقشة:

- أفسم الطلبة مجموعات، وأستخدم (اثن - مرر)، ثم أكتب الأسئلة الآتية على قصاصات كرتونية.
- ماذا يحدث نتيجة لتعرض المادة للتسخين؟ تسخين المادة يؤدي إلى تزايدها بكمية من الحرارة، وتؤدي إلى رفع درجة حرارتها.
- ما المقصود بالسعة الحرارية للمادة؟ كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة واحد سلسيوس.
- ما العوامل التي تعتمد عليها السعة الحرارية للمادة؟ كتلة المادة ومقدار التغير في درجة حرارتها.
- ما القانون الرياضي لحساب كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة؟ $q = C \cdot \Delta t$
- ما المقصود بالحرارة النوعية للمادة؟ كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة واحد سلسيوس عند ضغط ثابت.
- أقرن بين الحرارة النوعية للماء والحرارة النوعية للحديد؟ الحرارة النوعية للماء أعلى منها للحديد. وبذلك كلما قلت الحرارة النوعية للمادة فإن امتصاصها كميات قليلة من الحرارة يؤدي إلى زيادة ملحوظة في درجة حرارتها.
- أزد كل مجموعة بورقة منها، وأطلب إلى أحد أفرادها كتابة إجابة السؤال وتمير الورقة إلى زميله ليكتب إجابته؛ وأحدد لهم 3 min، ثم أطلب إليهم التوقف عن تمير الورقة ليقرأ الطالب الأخير الإجابات.
- أجري مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

الربط مع الأحياء

أوجه الطلبة إلى دراسة موضوع الربط مع العلوم الحياتية، ثم أوجه إليهم السؤال الآتي: لماذا لا يتأثر جسم الإنسان بتقلبات الجو بدرجة كبيرة مثل المعادن؟ أستمع لإجابات الطلبة، وأبين لهم أن جسم الإنسان يحتوي على الماء بنسبة (70%)، ونظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء؛ فإن تآثره بتقلبات درجات الحرارة اليومية يكون قليلاً. ثم أوضح لهم أثر ارتفاع الحرارة النوعية للماء في عدم تأثر مياه البحار والمحيطات بأشعة الشمس، وأثر ذلك في حياة الكائنات البحرية.

السعة الحرارية

طريقة أخرى للتدريس

- أوزع الطلبة إلى مجموعتين تشكل كل منهما طاولة مستديرة.
 - أمرر إلى كل مجموعة ورقة تتضمن سؤالين: الأول - ماذا نعني بالسعة الحرارية للمادة؟ الثاني - ماذا نعني بالحرارة النوعية للمادة؟ بحيث تمرر الورقة إلى أفراد المجموعة؛ ليضيف إليها كل طالب إسهامه في الإجابة.
 - وبعد 5 دقائق أطلب إليهم التوقف، ثم أدير نقاشاً بينهم حول إجاباتهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة للسؤالين.
- السعة الحرارية:** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سلسيوس واحدة
- الحرارة النوعية:** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة واحدة سلسيوس عند ضغط ثابت.

◀ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ومقارنة الحرارة النوعية للماء بالحرارة النوعية للمواد الأخرى.
- ثم أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:
- إذا سُخِّنت كمية من الماء في وعاء فلزي مدة وجيزة، فأيهما يسخن أكثر: الماء أم الفلز؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، ثم أبين لهم أن عملية التسخين تستغرق مدة وجيزة وقبل وصول الماء إلى درجة الغليان، أي عند بداية التسخين فإن الوعاء يسخن قبل الماء وترتفع درجة حرارته أكثر من الماء، ويمكن ملاحظة ذلك بقياس درجة حرارة الماء وقياس درجة حرارة طرف الوعاء البعيد عن الماء، وأن سبب ذلك انخفاض الحرارة النوعية للفلز مقارنة بالحرارة النوعية للماء، وأن انخفاض الحرارة النوعية للفلز يجعله أكثر تأثراً بالحرارة من الماء رغم تعرضها للحرارة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

◀ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) وتعرّف أجهزة قياس الحرارة النوعية، والمقارنة بين المُسْعِرِينَ في الشكل من حيث المكونات.
- ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
- ما المُسْعِر؟ وكيف يتم قياس الحرارة النوعية للمادة؟
المسعر وعاء معزول حرارياً يستخدم لقياس كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة من تفاعل كيميائي أو تحول فيزيائي. يوضع في المسعر كمية معلومة من الماء تعمل على امتصاص الحرارة الناتجة من التفاعل أو تزويد التفاعل بالحرارة اللازمة حيث يقاس التغير في درجة حرارة الماء لأنها تمثل التغير في درجة حرارة التفاعل؛ وبذلك تقاس الحرارة الممتصة أو المنبعثة والحرارة النوعية.
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، وأبين لهم مكونات كل من مُسْعِرِ الماء ومُسْعِرِ القنبلة واستخدام كل منهما.

افكر لأن (70%) من كتلة الجسم تتكون من الماء، ونظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء؛ فإن تأثيره بالحرارة يكون قليلاً، ومن ثم فإن الجسم لا يتأثر بتغيرات الحرارة كباقي المواد.

وعلى سبيل المثال: عند تسخين وعاء من الحديد أو الألمنيوم -يحتوي على كمية من الماء- مدة وجيزة يُلاحظ أن درجة حرارة طرف الوعاء البعيد عن الماء ترتفع بدرجة أعلى بكثير من درجة حرارة الماء داخله. والسبب في ذلك هو أن الحرارة النوعية للفلزات بصفة عامة أقل بكثير من الحرارة النوعية للماء؛ فتكتسب بذلك حرارة أكبر بكثير مما يكتسبه الماء. ويبيّن الجدول (1) قيم الحرارة النوعية لكثير من المواد عند درجة حرارة (25°C).

المادة	الحرارة النوعية (J/g. °C)
الماء (السائل)	4.18
التنج	2.03
بخار الماء	2.01
الهواء	1.01
الإيثانول	2.44
المغنيسيوم	1.02
الألمنيوم	0.89
الكالسيوم	0.65
الحديد	0.45
النحاس	0.38
الفضة	0.24
الذهب	0.13

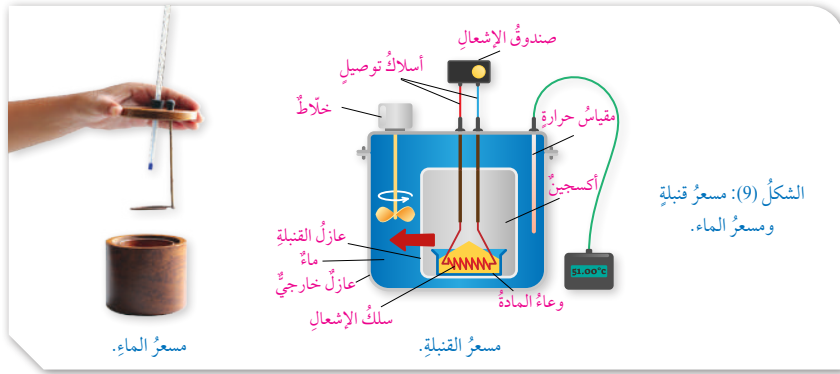
أيهما أكبر: الحرارة النوعية للماء أم للفلزات؟

افكر لماذا تبقى درجة حرارة جسم الإنسان السطحية ثابتة تقريباً (37°C) على الرغم من تعرضه لتقلبات الحرارة اليومية؟

قياس الحرارة النوعية للمادة

Measuring the Specific Heat of A Substance

يستخدم لقياس الحرارة النوعية للمادة جهاز يُسمى **المُسْعِر** Calorimet، وهو وعاء معزول حرارياً، يُستخدم لقياس كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة من تفاعل كيميائي أو تحول فيزيائي، حيث توضع فيه كمية معلومة من الماء تعمل على امتصاص الحرارة الناتجة من التفاعل أو تزويد التفاعل بالحرارة اللازمة، ويمكن قياس التغير في درجة حرارة الماء؛ لأنها تمثل التغير في درجة حرارة التفاعل، وبذلك يمكن قياس الحرارة الممتصة أو المنبعثة وقياس الحرارة النوعية. وللمُسْعِر أنواع وأشكال متعددة، مثل: مُسْعِرِ القنبلة، ومُسْعِرِ الماء، ومُسْعِرِ الثلج، ومُسْعِرِ التكثيف وغيرها. ويبيّن الشكل (9) مُسْعِرِ القنبلة ومُسْعِرِ الماء.



الشكل (9): مسعر قنبلة ومسعر الماء.

56

إجابة سؤال (1):

الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية للفلزات.

إذاعة للمعلم/المعلمة

مسعر القنبلة (Bomb Calorimeter): هو وعاء من الحديد الصلب يستخدم لقياس الحرارة النوعية لمادة ما يتم حرقها في جو غني بالأكسجين تحت ضغط مرتفع، حيث توضع المادة المراد حرقها داخل بوتقة وتوضع في الوعاء الصلب الداخلي الذي يسمى القنبلة ويحيط به الماء للتبريد، يتم إدخال الأكسجين تحت ضغط بين (20-30 atm) إلى القنبلة ويتم إشعالها باستخدام شرارة كهربائية (المشعل)، وبقياس الزيادة في درجة حرارة المسعر يمكن قياس الحرارة النوعية للمادة.

الربط بعلوم الأرض: نسيم البرّ ونسيم البحر

يحدث نسيم البحر بسبب اختلاف تسخين أشعة الشمس لكل من ماء البحر، واليابسة المجاورة، وحيث إنّ الحرارة النوعية لليابسة أقلّ من الحرارة النوعية للماء؛ فإنّ اليابسة تمتصّ كميةً من الحرارة أكثر من التي يمتصّها الماء، وتسخنُ بسرعة أكبر من الماء، ويسخنُ الهواء فوق اليابسة بسرعة أكبر من ذلك الموجود فوق الماء، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويسببُ انخفاضًا في الضغط الجويّ فوق اليابسة مع بقاء الهواء الذي فوق الماء أقلّ حرارةً، وأكثر كثافةً، وأكثر ضغطًا؛ فيندفعُ نحو اليابسة تيارات هوائية تُسمّى نسيم البحر، ويحدث ذلك عادةً في أثناء النهار أيام الصيف والربيع.

أما في الليل وبسبب ارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإنّه يفقدُ الحرارة ببطء أكثر من اليابسة التي تفقدُ الحرارة بسرعة أكبر، فتبقى درجة حرارة الهواء فوق الماء أكبر من الهواء فوق اليابسة، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويقلُّ الضغط الجويّ فوق الماء فيندفعُ تيارات هوائية باردة من اليابسة نحو البحر تُسمّى نسيم البرّ، وهذا يحدث عادةً في أثناء الليل.



57

الربط مع علوم الأرض:

• أوجّه الطلبة إلى دراسة نسيم البر، ونسيم البحر، وإجابة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بنسيم البر؟

– ما المقصود بنسيم البحر؟

– ما سبب حدوث كل منهما؟

• أقبّل إجابات الطلبة وأناقشهم فيها وأبين المقصود

بنسيم البر ونسيم البحر، حيث يحدث نسيم البحر بسبب اختلاف تسخين أشعة الشمس لكل من ماء البحر، واليابسة المجاورة، وحيث إنّ الحرارة النوعية لليابسة أقلّ من الحرارة النوعية للماء؛ فإنّ اليابسة تمتصّ كميةً من الحرارة أكثر من التي يمتصّها الماء، وتسخنُ بسرعة أكبر من الماء، ويسخنُ الهواء فوق اليابسة بسرعة أكبر من ذلك الموجود فوق الماء، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويسببُ انخفاضًا في الضغط الجويّ فوق اليابسة مع بقاء الهواء الذي فوق الماء أقلّ حرارةً، وأكثر كثافةً، وأكثر ضغطًا؛ فيندفعُ نحو اليابسة تيارات هوائية تُسمّى نسيم البحر، ويحدث ذلك عادةً في أثناء النهار أيام الصيف والربيع.

أما في الليل وبسبب ارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإنّه يفقدُ الحرارة ببطء أكثر من اليابسة التي تفقدُ الحرارة بسرعة أكبر، فتبقى درجة حرارة الهواء فوق الماء أكبر من الهواء فوق اليابسة، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويقلُّ الضغط الجويّ فوق الماء فيندفعُ تيارات هوائية باردة من اليابسة نحو البحر تُسمّى نسيم البرّ، وهذا يحدث عادةً في أثناء الليل.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو أو عروض تقديمية عن تجارب قياس الحرارة النوعية للمادة، أو إعداد بعض العروض التقديمية حول موضوع الحرارة النوعية.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق استخدام أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني، وأوزع الطلبة في مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية، واختيار أحدهم لتدوين الإجابات في ورقة - بعد الاتفاق عليها- خلال 10 min
- ما العوامل التي تحدد كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من المادة؟ وكيف يمكن قياس تلك الحرارة؟
- كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من المادة تعتمد على كتلتها وحرارتها النوعية، ومقدار التغير في درجة حرارتها.
- أكتب على اللوح العلاقة التي يتم بها حساب كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة، وأجري نقاشاً مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.
- ناقش الطلبة في المثال (1) ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

جرى تسخين (10 g) من الماء من (20°C) إلى (50°C)، أحسب كمية الحرارة الممتصة نتيجة لذلك.

$$m = 10 \text{ g}$$

$$s = 4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 30^\circ\text{C}$$

الحل:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 10 \text{ g} \times 30^\circ\text{C} = 1254 \text{ J}$$

حساب كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة

Calculate Quantity of Heat Absorbed or Emitted

عرفت في ما سبق أن الحرارة النوعية للفلزات أقل منها للماء، وهذا يشير إلى أن قدرة الفلزات على امتصاص الحرارة وتوصيلها أكبر بكثير من قدرة الماء، فمثلاً، عند تعريض كتلة من الماء وقطعة من الحديد أو الألمنيوم لهما الكتلة نفسها لأشعة الشمس مدة محددة، نجد أن قطعة الحديد أو الألمنيوم ترتفع درجة حرارتها أضعاف ما ترتفع إليه كتلة الماء، وهذا يعني أنها تمتص كمية من الحرارة أكبر من تلك التي تمتصها كتلة الماء، أي أن كمية الحرارة الممتصة تعتمد على الحرارة النوعية للمادة، والتغير في درجة الحرارة، وكتلة المادة. ويمكن حساب كمية الحرارة التي تمتصها المادة نتيجة تعرضها للحرارة من العلاقة الآتية:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

حيث:

q : كمية الحرارة الممتصة أو المفقودة (J)

s : الحرارة النوعية للمادة (J/g.°C)

m : كتلة المادة (g)

t₁ : درجة الحرارة الابتدائية (°C)

t₂ : درجة الحرارة النهائية (°C)

Δt : التغير في درجة الحرارة (Δt = t₂ - t₁)

المثال

جرى تسخين (20 g) من الماء من (25°C) إلى (30°C)، أحسب كمية الحرارة التي امتصتها هذه الكتلة من الماء.

تحليل السؤال (المعطيات):

الحل:

$$m = 20 \text{ g}$$

$$s = 4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 30 - 25 = 5^\circ\text{C}$$

المطلوب: حساب كمية الحرارة الممتصة q

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 20 \text{ g} \times 5^\circ\text{C} = 418 \text{ J}$$

58

إهداء للمعلم/ للمعلمة

تُعرّف الحرارة بأنها كمية الطاقة التي تنتقل من مادة إلى أخرى عند درجات حرارة مختلفة. وتعد درجة حرارة الجسم مقياساً لحرارة الجسم أو الطاقة المخزونة داخله، وتسمى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء النقي درجة سلسيوس واحدة من (14.5°C) إلى (15.5°C)، السعر (Calorie) ويرمز إليه بالرمز (Cal)، ويعد الجول (Joule) (J) الوحدة العالمية لقياس كمية الحرارة، وهو يساوي (1/4.184) أي أن السعر الحراري (1Cal) يساوي (4.184 J).

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج

والمواد الدراسية

* التفكير : التحليل

أخبر الطلبة أن مهارة التحليل إحدى مهارات التفكير، التي يمكن توظيفها في كثير من القضايا. ومن مهارات التفكير الأخرى: تحليل البيانات والمعلومات وتحليل الأسئلة، التي يساعد استشارها على تمييز المفاهيم وتعرف العلاقات بين المفاهيم، والربط بينها؛ ما يفضي في ما بعد إلى التوصل إلى نتائج منطقية صحيحة.

58

المثال 2

سُخِّتْ قطعة من الحديد كتلتها (50 g) فارتفعت درجة حرارتها من (25°C) إلى (40°C) أحسب كمية الحرارة التي امتصتها هذه الكتلة من الحديد.

تحليل السؤال (المعطيات):

$$\begin{aligned} \text{الحل:} \quad m &= 50 \text{ g} \\ s &= 0.45 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \\ \Delta t &= t_2 - t_1 = 40 - 25 = 15^\circ\text{C} \\ \text{المطلوب: حساب كمية الحرارة الممتصة } q \end{aligned}$$

$$q = s \times m \times \Delta t \\ q = 0.45 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 50 \text{ g} \times 15^\circ\text{C} = 337.5 \text{ J}$$

ألاحظ أنه عند تبريد المادة وخفض درجة حرارتها، فإنها ستفقد الطاقة الحرارية إلى الوسط المحيط، وتعتمد كمية الطاقة المنبعثة (المفقودة) أيضاً على التغير في درجة حرارة المادة وكتلتها، وتكون مساوية لكمية الحرارة الممتصة عند الظروف نفسها، وأيضاً يمكن حسابها باستخدام العلاقة السابقة، والفرق أن كمية الحرارة في هذه الحالة ستستخدم إشارة سالبة، وهذا يعني أن الحرارة منبعثة من المادة.

المثال 3

وُضِعَتْ قطعة من النحاس كتلتها (5 g) ودرجة حرارتها (25°C) في حوض ماء بارد؛ فانخفضت درجة حرارتها إلى (15°C)، أحسب كمية الحرارة المنبعثة من هذه القطعة.

تحليل السؤال (المعطيات):

$$\begin{aligned} \text{الحل:} \quad m &= 5 \text{ g} \\ s &= 0.38 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \\ \Delta t &= t_2 - t_1 = 15 - 25 = -10^\circ\text{C} \\ \text{المطلوب: حساب كمية الحرارة المنبعثة } q \end{aligned}$$

$$q = s \times m \times \Delta t \\ q = 0.38 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 5 \text{ g} \times -10^\circ\text{C} = -19 \text{ J}$$

✓ أتتحقق:

1) قطعة من الألمنيوم كتلتها (150 g)، ما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها (30°C)؟
2) عُرِّضَتْ قطعة من الفضة كتلتها (50 g) ودرجة حرارتها (45°C) لتيار هواء بارد؛ فانطلقت كمية من الحرارة مقدارها (240 J)، فكم تكون درجة حرارتها النهائية؟

59

المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤال الآتي:
- كيف يمكن حساب الطاقة المنبعثة من التفاعل نظرياً؟
- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشهم فيها مبيناً لهم أن كمية الحرارة التي تمتصها كتلة محددة من المادة عند تسخينها درجات حرارة معينة هي نفسها التي تنبعث من المادة عند تبريدها لدرجات الحرارة نفسها، وأبين لهم أن كمية الحرارة المنبعثة من المادة تأخذ إشارة سالبة.

- أناقش الطلبة في المثالين (2 و3)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

جرى تعريض قطعة من الحديد كتلتها (50g) درجة حرارتها (40°C) إلى تيار هوائي بارد؛ فانخفضت درجة حرارتها إلى (25°C) احسب كمية الحرارة المنبعثة نتيجة لذلك.

تحليل السؤال:

$$m = 50 \text{ g} , s = 0.45 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = -15^\circ\text{C}$$

الحل:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 0.45 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 50 \text{ g} \times -15^\circ\text{C} = -337.5 \text{ J}$$

✓ أتتحقق:

1) تحليل السؤال:

$$\begin{aligned} m &= 150 \text{ g} \\ s &= 0.89 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \\ \Delta t &= 30^\circ\text{C} \end{aligned}$$

الحل:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 0.89 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 150 \text{ g} \times 30^\circ\text{C} = 4005 \text{ J}$$

2) تحليل السؤال:

$$\begin{aligned} m &= 50 \text{ g} \\ s &= 0.24 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \\ q &= 240 \text{ J} \\ t_1 &= 45^\circ\text{C} \end{aligned}$$

الحل:

$$q = s \times m \times \Delta t \\ 240 = 0.24 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 50 \text{ g} \times \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{240 \text{ J}}{12 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}} = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$20 = t_2 - 45$$

$$t_2 = 25^\circ\text{C}$$

التجربة 2

قياس الحرارة النوعية للنحاس

الهدف: تقدير الحرارة النوعية للنحاس عملياً.

زمن التنفيذ: 30 min

إرشادات الأمن والسلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
 - أوجّه الطلبة إلى عدم لمس الكرة النحاسية الساخنة باليد.
 - أوجّه الطلبة إلى الحذر أثناء التعامل مع الماء الساخن.
- المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الوصف، المقارنة، الاستنتاج.
- الإجراءات والتوجيهات:
- أجهّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
 - أوزّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
 - أتحوّل بين مجموعات الطلبة موجّهاً ومرشداً ومساعدًا.
 - أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
 - أتأكد من أنهم تمكنوا من قياس درجة حرارة الماء بدقة في كل مرة. تنبيه: أوجّه انتباه الطلبة إلى أنه عند تسخين الكرة النحاسية في الماء يجب الانتظار إلى حين وصول الماء إلى درجة الغليان، وعندها تكون درجة حرارة الكرة هي نفسها درجة حرارة الماء. وأن كثافة الماء تساوي 1g/ml أي أن كتلة 100 ml من الماء تساوي 100 g

التحليل والاستنتاج:

1. ترتفع درجة حرارة الماء بعد وضع الكرة النحاسية فيه، وأستنتج أن الماء اكتسب الحرارة من الكرة النحاسية (المادة الأعلى درجة حرارة).
2. تنخفض درجة حرارة الكرة النحاسية؛ وبهذا فإن الحرارة انتقلت من المادة الأعلى درجة حرارة إلى الوسط المحيط (الماء الأدنى درجة حرارة).
3. كمية الحرارة التي تفقدها الكرة النحاسية تساوي كمية الحرارة التي يكتسبها الماء
4. استنتاج الحرارة النوعية للنحاس :
كمية الحرارة التي يكتسبها الماء تساوي كمية الحرارة التي تفقدها الكرة النحاسية، أي أن:

$$q_{(H_2O)} = q_{Cu}$$

$$m_{(H_2O)} \times s_{(H_2O)} \times \Delta t_{(H_2O)} = m_{Cu} \times s_{Cu} \times \Delta t_{Cu}$$

وبتطبيق البيانات التي تم الحصول عليها بالتجربة في العلاقة

السابقة؛ يمكن من حساب الحرارة النوعية للنحاس. حيث:

$$100 \times 4.18 (t_3 - t_1) = m_{Cu} \times s_{Cu} (t_2 - t_3)$$

التجربة 2

قياس الحرارة النوعية للنحاس

المواد والأدوات:

كأسان زجاجيتان بسعة (300 mL)، كأس بوليسترين، ميزان حرارة كحولي، مِلْقَطٌ معدني، ميزان حساس، ماء مقطر، كرة نحاسية، منصب، لهب بنسن أو سخان كهربائي.

إرشادات السلامة:

أخذ من لمس الكأس الساخنة أو الكرة النحاسية الساخنة بيدي، أو الإمساك بهما مباشرة.

خطوات العمل:

1. أزن الكرة النحاسية باستخدام الميزان الحساس، وأسجل كتلتها.
2. أضيف إلى الكأس الزجاجية (100 mL) من الماء، وأضيف إليها الكرة النحاسية، وأضعها على اللهب أو السخان الكهربائي.
3. أقيس: أضيف إلى كأس البوليسترين (100 mL) من الماء، وأضعها في الكأس الزجاجية الفارغة، وأقيس درجة حرارة الماء (t₁) وأسجلها.
4. ألاحظ: غليان الماء في الكأس، وعند هذا أقيس درجة حرارة الكأس والكرة النحاسية (t₂)، وأسجلها.
5. أستخرج الكرة النحاسية من الماء باستخدام الملقط، وأضعها في كأس البوليسترين، وأسجل أعلى درجة حرارة يصل إليها الماء (t₃).
6. ألاحظ: هل ارتفعت درجة حرارة الماء بعد وضع الكرة النحاسية فيه أم انخفضت؟
7. أنظم: أسجل البيانات والقياسات، وأنظمها في جدول.

التحليل والاستنتاج:

- 1- أحسب التغير في درجة حرارة الماء في كأس البوليسترين بعد إضافة الكرة النحاسية إليه. ماذا أستنتج؟
- 2- أحسب التغير في درجة حرارة الكرة النحاسية بعد وضعها في كأس البوليسترين. ماذا أستنتج؟
- 3- أبين العلاقة بين كمية الحرارة في الحالتين السابقتين.
- 4- أستنتج الحرارة النوعية للنحاس.
- 5- أقرن: أطبق النتيجة التي حصلت عليها مع القيمة المسجلة في الجدول، ثم أفسر سبب الاختلاف إن وجد.

60

5. يتوقع الحصول على نتيجة قريبة من القيمة (0.38 J/g°C) المسجلة في الجدول، ويعود سبب الاختلاف بين القيمتين إلى أخطاء في القياس. وعادة تُجرى كثير من التجارب، وتقدر الحرارة النوعية بالمتوسط الحسابي لنتائج تلك التجارب.

تقويم تجربة قياس الحرارة النوعية للنحاس

أداة التقويم: سلم تقدير.

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء.

الرقم	معيّار الأداء	التقدير			
		4	3	2	1
1	أخذ كمية الماء المطلوبة بدقة.				
2	تحديد درجة حرارة الماء بشكل دقيق.				
3	تحديد درجة حرارة الكرة النحاسية.				
4	حساب التغير في درجة حرارة الماء والكرة النحاسية.				
5	تطبيق المعلومات في العلاقة الرياضية.				

مراجعة الدرس

1 يعتمد ذلك على طبيعة المادة واختلاف درجة حرارتها. فتنتقل الحرارة عادة من المادة ذات درجة الحرارة العليا إلى ذات الحرارة الدنيا.

2 السعة الحرارية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سلسيوس واحدة.

الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سلسيوس واحدة عند ضغط ثابت.

3 بسبب اختلاف الحرارة النوعية لكل منها.

4 أ) تحليل السؤال:

$$m = 100 \text{ g}$$

$$s = 4.18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 40 - 85 = -35^\circ \text{C}$$

المطلوب: حساب كمية الحرارة الناتجة q

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 100 \text{ g} \times -35^\circ\text{C} = -14630 \text{ J}$$

ب) تحليل السؤال:

$$m = 100 \text{ g}$$

$$s = 2.44 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 35 - 15 = 20^\circ\text{C}$$

المطلوب: حساب كمية الحرارة الممتصة q

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = 2.44 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 100 \text{ g} \times 20^\circ\text{C} = 4880 \text{ J}$$

5 تحليل السؤال:

$$m = 200 \text{ g}$$

$$q = 3212 \text{ J}$$

$$\Delta t = 20^\circ\text{C}$$

$$s = ??$$

المطلوب: حساب الحرارة النوعية للجرانيت

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$3212 \text{ J} = s \times 200 \text{ g} \times 20^\circ\text{C}$$

$$s = \frac{3212 \text{ J}}{4000 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C}} = 0.803 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

6 النحاس؛ لأن الحرارة نوعية له أقل من كل من الحديد والألمنيوم، أي أنه يفقد كمية من الحرارة أكبر من الكمية التي يفقدها الحديد والألمنيوم؛ ما يُحدث ارتفاعاً في درجة حرارة الماء في المسعر.

أبحثُ



يهتم اختصاصيو التغذية بحساب السرعات الحرارية اللازمة للجسم؛ من أجل بناء نظام غذائي متوازن، فكيف تُحسب كمية الحرارة والسرعات الحرارية للمواد الغذائية المختلفة؟ مستعيناً بالكلمات المفتاحية الآتية: (السرعات الحرارية، النظام الغذائي، السرعات الحرارية في المواد الغذائية، إنقاص الوزن، زيادة الوزن) أبحث عن طرائق حساب السرعات الحرارية للأطعمة المختلفة، وأكتب تقريراً بذلك، أو أصمم عرضاً تقديمياً حول الموضوع، وأعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

مراجعة الدرس

1- الفكرة الرئيسة: أوضح أثر تبادل المواد للطاقة مع الوسط المحيط.

2- ما المقصود بكل من:

- السعة الحرارية؟
- الحرارة النوعية؟

3- أفسر: عند تعرض الفلزات لأشعة الشمس في أيام الصيف الحارة ترتفع درجات حرارتها ارتفاعاً متفاوتاً.

4- أستخدم الأرقام:

أ) أحسب كمية الحرارة الناتجة من تبريد (100 g) ماء من (85°C) إلى (40°C).

ب) أحسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (100 g) إيثانول من (15°C) إلى (350°C).

5- أستخدم الأرقام: أحسب الحرارة النوعية لمادة الجرانيت؛ إذا امتصت قطعة منه كتلتها (200 g) كمية من الحرارة مقدارها (3212 J)؛ عند رفع درجة حرارتها بمقدار (20°C).

6- أفسر: وضعت ثلاث صفائح متماثلة في الكتلة من النحاس، والألمنيوم، والحديد تحت أشعة الشمس في أحد أيام الصيف الحارة؛ بحيث تكتسب جميعها كمية الطاقة الحرارية نفسها، وتقلت هذه الصفائح إلى ثلاثة مسعات تحوي كمية متماثلة من الماء عند درجة حرارة الغرفة، فأني هذه المسعات تصب درجة حرارة الماء فيه أكبر ما يمكن؟ أدمم إجابتي بالمبررات.

أبحثُ



أوجه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية: (السرعات الحرارية، النظام الغذائي، السرعات الحرارية في المواد الغذائية، إنقاص الوزن، زيادة الوزن)، ثم كتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وأحدد موعداً لمناقشته معهم.

نتائج متوقعة:

معظم النتائج سوف تشير إلى مفهوم السرعات الحرارية، وكيفية احتسابها في عدد من المواد الغذائية كالبيض والموز والحلب وبعض الفاكهة، وقد يحصل بعض الطلبة على جداول للسرعات الحرارية في الأغذية المختلفة، وبعض النتائج قد تشير إلى علاقة السرعات الحرارية بالسمنة ووزن الجسم.

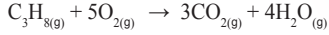
حساب التغير في المحتوى الحراري

Calculate Enthalpy Change

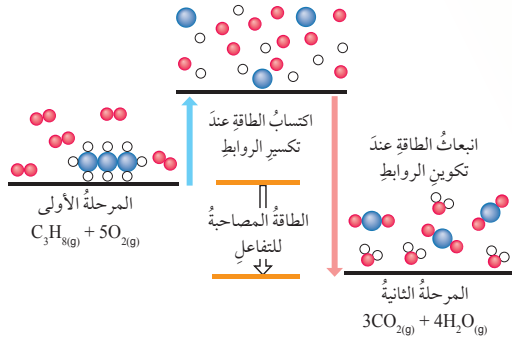
تختلف التفاعلات في آليات حدوثها وسرعتها؛ فبعضها يحدث في ظروف صعبة لا يمكن توافرها في المختبر، وبعضها قد يستغرق حدوثه زمناً طويلاً، فيصعب قياس حرارة التفاعل بالمسعر والطرائق التقليدية؛ لذلك يلجأ الكيميائيون إلى استخدام طرائق نظرية لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل. وسوف أتعرّف بعض هذه الطرائق.

طاقة الرابطة Bond Energy

ما مصدر الطاقة في التفاعلات الكيميائية؟ وما التغيرات التي تحدث على المواد خلال التفاعل، وتسبب تغيراً في طاقتها؟ تمر التفاعلات الكيميائية عادةً بمرحلتين: المرحلة الأولى يحدث فيها تكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؛ فيتطلب اكتساب الذرات طاقة كافية لكسر الروابط بينها، والمرحلة الثانية تحدث فيها إعادة ترتيب الذرات، وتكوين روابط بينها في تركيب كيميائية جديدة، ويمكن استخدام طاقة الروابط في حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل؛ فمثلاً عند احتراق غاز البروبان بوجود الأكسجين كما في المعادلة:



فإن التفاعل يمر بمرحلتين أساسيتين، كما في الشكل (10).



الفكرة الرئيسية:

يرافق حدوث التفاعلات تغير في المحتوى الحراري، يمكن حسابه بطرائق مختلفة.

نتائج التعلم:

- أوضح مفهوم طاقة الرابطة.
- أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل باستخدام قيم طاقة الرابطة.
- أطبق قانون هيس لحساب المحتوى الحراري للتفاعل.
- أحسب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل كتلة معينة من المادة باستخدام المعادلة الموزونة.

المفاهيم والمصطلحات:

- القيمة الحرارية للوقود Thermal Fuel Value
- طاقة الرابطة Bond Energy
- قانون هيس Hess's Law
- حرارة التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation
- المعادلة الكيميائية الحرارية The Thermochemical Equation

الشكل (10): مراحل احتراق البروبان.

حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية
Energy calculations in Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسية:

- أوجه الطلبة لقراءة الفكرة الرئيسية للدرس، وأكتبها على اللوح.
- أوضح للطلبة أنه يمكن حساب الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات بعدة طرائق.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
- ما المقصود بالرابطة الكيميائية؟ وما أنواع الروابط بين الذرات؟
أستمع إلى إجابات الطلبة، وأذكرهم بالمقصود بالرابطة، أنواع الروابط بين الذرات. وأبين لهم أن هذه الروابط تلعب دوراً مهماً في تحديد الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات.

2 التدريس

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية، خلال 15 min:
- هل يمكن قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المسعرات الحرارية؟
- هناك كثيراً من التفاعلات يصعب قياس حرارة التفاعل المرافقة لحدوثها.
- لماذا يصعب قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المسعرات الحرارية؟
- أن بعض التفاعلات تحدث بسرعة، أي أنها تستغرق وقتاً قصيراً، وأن بعضها يستغرق زمناً طويلاً للحدوث، وكذلك عدم توافر الظروف المناسبة لحدوث بعض هذه التفاعلات في المختبرات.
- كيف يمكن حساب حرارة هذه التفاعلات؟

استخدام الرسوم والصور:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) ثم أطر عليهم السؤال الآتي:

- ما تغيرات الطاقة المرافقة التي يمر بها تفاعل احتراق البروبان؟ يمر التفاعل بمرحلتين أساسيتين؛ المرحلة الأولى؛ تكتسب الروابط طاقة كافية لكسرها، فتتسب الروابط بين ذرات الكربون والهيدروجين، والروابط بين ذرات الكربون، والرابطة بين ذرتي الأكسجين، وهذه العملية ماصة للطاقة. في المرحلة الثانية؛ تتكون روابط جديدة بين ذرات الكربون والأكسجين في المركب CO الناتج وكذلك بين ذرات الأكسجين والهيدروجين في الماء، ويرافق تكوين الروابط انبعاث كمية من الطاقة، لذلك تعد العملية طاردة للطاقة. لأن الطاقة المنبعثة نتيجة تكوين الروابط الجديدة أكبر من الطاقة اللازمة لتكسير الروابط في المواد المتفاعلة.

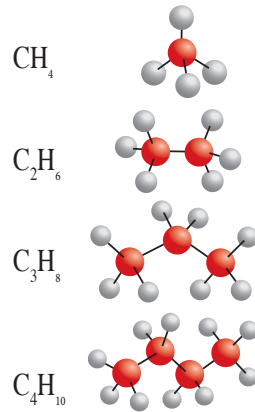
- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها ثم أوضح لهم باستخدام مخطط الطاقة في الشكل (10) أنه إذا كان مجموع الطاقة الناتجة عن تكوين الروابط في المواد الناتجة أكبر من مجموع الطاقة اللازمة لتكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة، يكون التفاعل طارداً للطاقة الحرارية، وأن تفاعلات احتراق الوقود تعد تفاعلات طاردة للحرارة.

استخدام الجداول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (2)، وإجابة الأسئلة الآتية:
- ما المقصود بالألكانات؟ الألكانات مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين فقط.
- أي المواد في الجدول تنتج كمية أكبر من الحرارة عند حرق مول واحد منه؟ وأيها ينتج كمية أقل؟ الهكسان ينتج أكبر كمية من الحرارة، وأن الميثان ينتج أقل كمية منها.
- ما العلاقة بين كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق والكتلة المولية للمركب؟ كمية الحرارة الناتجة عن حرق مول من المادة تزداد بزيادة الكتلة المولية.

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة الموثوقة عن احتراق البروبان، ثم إعداد عرض قصير عن ذلك باستخدام برنامج السكراتش، وأحدد موعداً لعرضه ومناقشته معهم.

أصمم باستخدام برنامج السكراتش (Scratch) عرضاً يوضح مراحل تفاعل احتراق البروبان، ثم أشركه زملائي/زميلاتي في الصف.



63

في المرحلة الأولى تتكسر الروابط بين ذرات الكربون والهيدروجين، والروابط بين ذرات الكربون في البروبان (C₃H₈) وكذلك الرابطة بين ذرتي الأكسجين في جزيء الأكسجين (O₂)، فتكتسب كل رابطة منها كمية كافية من الطاقة لكسرها، وبذلك تكون هذه العملية ماصة للطاقة.

أما في المرحلة الثانية فتتكون روابط جديدة بين ذرات الكربون والأكسجين في المركب (CO₂) الناتج، وكذلك بين ذرات الأكسجين والهيدروجين في المركب (H₂O)، ويرافق تكوين هذه الروابط انبعاث كمية من الطاقة، وتكون هذه العملية طاردة للطاقة؛ ذلك أن الطاقة المنبعثة نتيجة تكوين الروابط الجديدة أكبر من الطاقة اللازمة لتكسير الروابط في المواد المتفاعلة.

ويبين الجدول (2) كمية الطاقة المنبعثة عن حرق مول من الألكانات المختلفة (وهي مواد تتكون من الكربون والهيدروجين).

الجدول (2): كمية الطاقة المنبعثة من احتراق مول من بعض الألكانات.

اسم الألكان	الصيغة الجزيئية للألكان	كمية الحرارة (kJ/mol)
الميثان	CH ₄	-882
الإيثان	C ₂ H ₆	-1542
البروبان	C ₃ H ₈	-2202
البيوتان	C ₄ H ₁₀	-2877
البنتان	C ₅ H ₁₂	-3487
الهكسان	C ₆ H ₁₄	-4141

إملاء للمعلم/المعلمة

الهيدروكربونات: مواد عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط، وتُصنف إلى ثلاثة أنواع:

1. الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات): حيث تكوّن ذرة الكربون فيها أربع روابط مشتركة أحادية مع أربع ذرات من الهيدروجين مثل: الميثان والإيثان والبروبان وغيرها.
2. الهيدروكربونات غير المشبعة: وتقسّم إلى نوعين هما: الألكينات، وفيها تكوّن ذرة كربون رابطة ثنائية مع ذرة كربون أخرى في المركب مثل الإيثين (CH₂=CH₂)، والألكينات وفيها تكوّن ذرة الكربون رابطة ثلاثية مع ذرة كربون أخرى في المركب مثل: الأيثين (CH≡CH).

3. المركبات العطرية (الأروماتية): تعد حلقة البنزين (C₆H₆) المركب الأساسي فيها. وسوف نتعرف هذه المركبات وخصائصها الفيزيائية والكيميائية في الصفوف القادمة.

بناء المفهوم:

القيمة الحرارية للوقود

- أوضح للطلبة أن كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقاً تاماً بوجود الأكسجين تسمى القيمة الحرارية للوقود.

المناقشة:

• أشرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

- كيف يتم كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؟ كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة يتطلب تزويدها بكمية كافية من الطاقة.
- ما المقصود بطاقة الرابطة؟ كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط بين ذرتين في جزيء غازي، وتقاس بوحدة الكيلو جول/ مول (kg/mol).

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، ثم أبين لهم أن كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة يتطلب تزويدها بكمية كافية من الطاقة تسمى طاقة الرابطة، وأوضح لهم المقصود بطاقة الرابطة، ثم أبين لهم أن تكوين الروابط بين ذرات المواد الناتجة ينتج عنه كمية من الطاقة.

استخدام الجداول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) وأشرح عليهم الأسئلة الآتية:

- ما طاقة كل من الروابط الآتية: (H-H)، (H-Cl)، (C=C)؟

$$(H-H) = 436$$

$$HCl = 431$$

$$C=C = 614$$

- ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟ كمية الطاقة في التفاعل تبقى محفوظة، وهذا يعني أن مجموع الطاقة التي تمتصها الروابط في المواد المتفاعلة، والتي تنبعث من المواد عند تكوين الروابط في المواد الناتجة يمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

ألاحظ أنه بزيادة عدد ذرات الكربون في الألكان تزداد كتلته المولية، وبذلك تزداد كمية الطاقة الناتجة من احتراقها. وتسمى كمية الحرارة الناتجة من حرق غرام واحد من الوقود حرقاً تاماً بوجود الأكسجين

القيمة الحرارية للوقود Thermal Fuel Value.

يتضح أن التفاعل الكيميائي في مرحلته الأولى يتضمن تكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة، وهذا يتطلب تزويد هذه الروابط بكمية كافية من الطاقة لكسرها، ويُطلق على كمية الطاقة هذه طاقة الرابطة Bond Energy، وهي كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط بين ذرتين في جزيء غازي، وتقاس بوحدة الكيلو جول/ مول (kJ/mol)، ويُرمز إليها (BE).

أما في المرحلة الثانية، فتتكون روابط جديدة ويرافق ذلك انبعاث كمية من الطاقة، وانخفاض في طاقة المواد الناتجة، وتبعاً لقانون حفظ الطاقة في التفاعلات الكيميائية، فإن مجموع الطاقة التي تمتصها الروابط في المواد المتفاعلة التي تنبعث عند تكوين الروابط الجديدة يمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH)، ويبين الجدول (3) قيم طاقة عدد من الروابط مقيسة بالكيلو جول/ مول.

الجدول (3): قيم طاقة عدد من الروابط مقيسة بالكيلو جول/ مول (kJ/mol)

روابط أحادية									
	H	C	N	O	S	F	Cl	Br	I
H	436								
C	413	348							
N	391	393	163						
O	463	358	201	146					
S	339	259	-----	--	266				
F	567	485	272	190	327	159			
Cl	431	328	200	203	253	253	242		
Br	366	276	243	-----	218	237	218	193	
I	299	240	--	234	--	---	208	175	151
روابط متعددة									
C=C	614	C=N	615	N=N	418				
C≡C	839	C≡N	891	C=O	804	(in CO ₂)			
C=O	1076	N=O	607	S=O	323				
NEN	945	O=O	498	S=S	418				

64

طاقة الرابطة

طريقة أخرى للتدريس

- أقسّم الطلبة إلى مجموعات، ثم أطلب اليهم دراسة مراحل احتراق البروبان، ثم أوزع المهام الآتية على المجموعات؛ حيث تنفذ كل مجموعة مهمة خلال (5) دقائق:
- المهمة الأولى: دراسة المرحلة الأولى من التفاعل، وتلخيص ما يحدث فيها.
- المهمة الثانية: دراسة المرحلة الثانية من التفاعل، وتلخيص ما يحدث فيها.
- المهمة الثالثة: دراسة الجداول (2،1) وتلخيص ما ورد فيها، وبيان أهميتها.
- تعرض كل مجموعة ما توصلت إليه. بعد ذلك أدير نقاشاً بين المجموعات. وألخص أهم الأفكار التي تم التوصل إليها.

◀ المناقشة:

- أشرح على الطلبة السؤالين الآتين:
- ما العلاقة بين الطاقة اللازمة لكسر الرابطة والطاقة الناتجة عن تكوينها؟ كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة تساوي كمية الطاقة الناتجة عند تكوينها التي تتخذ إشارة سالبة؛ إذ إنها تمثل الطاقة المنبعثة.
- ما العلاقة بين طاقة الروابط والتغير في المحتوى الحراري؟ التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي مجموع الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة والطاقة الناتجة عن تكوين الروابط في المواد الناتجة.
- ما العلاقة التي تستخدم في حساب التغير في المحتوى الحراري على اللوح.

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$\sum BE_{re}$: مجموع طاقة الروابط التي يتم تكسيدها في المواد المتفاعلة.

$\sum BE_{pr}$: مجموع طاقة الروابط التي يتم تكوينها في المواد الناتجة.

ورقة العمل (2)

أوظف التعلم التعاوني؛ فأقسم الطلبة في مجموعات، ثم أزودهم بورقة عمل (2) المدرجة في الملحق، ثم أوجههم إلى الحل، ثم أمنحهم وقتاً كافياً، أوجه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها، وأدير نقاشاً بين المجموعات للوصول إلى الإجابات الصحيحة.

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 2(6(C-H) + 1(C-C)) + 7(O=O) - (4(2(C=O)) + 6(2(H-O)))$$

$$\Delta H = 2(6(413) + 348) + 7(494) - (4(2(799)) + 6(2(464))) = -2850 \text{ kJ}$$

وتجدر الإشارة هنا إلى أن كمية الطاقة اللازمة لكسر الرابطة (طاقة الرابطة) تساوي كمية الطاقة الناتجة عند تكوينها، وكذلك تجدر الإشارة إلى أن طاقة الروابط في المواد الناتجة تكون سالبة بسبب انبعاث الطاقة عند تكوين الروابط، وتبين العلاقة الآتية كيفية احتساب الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH):

$$\Delta H = \sum BE_{re} + (-\sum BE_{pr})$$

ويمكن إعادة ترتيب هذه العلاقة لتصبح:

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

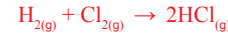
$\sum BE_{re}$: مجموع طاقة الروابط التي يتم تكسيدها في المواد المتفاعلة.

$\sum BE_{pr}$: مجموع طاقة الروابط التي يتم تكوينها في المواد الناتجة.

والأمثلة الآتية توضح كيفية احتساب حرارة التفاعل باستخدام طاقة الرابطة:

المثال 4

يتكون غاز كلوريد الهيدروجين وفقاً للمعادلة الآتية:



باستخدام الجدول (3) الذي يمثل طاقات الروابط؛ أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال: (المعطيات)

ألاحظ أن هناك رابطة أحادية بين ذرتي الكلور (Cl-Cl) وأن رابطة أحادية كذلك بين ذرتي الهيدروجين (H-H) في المواد المتفاعلة، وأن هناك جزيئين من (HCl)، كل جزيء منها يحتوي على رابطة أحادية (H-Cl).
أي أن عدد الروابط (H-Cl) = 2 × 1 = 2

الحل:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum BE_{re} - \sum BE_{pr} \\ &= 1 \times (H-H) + 1 \times (Cl-Cl) - 2 \times (H-Cl) \\ &= 436 + 242 - 2(431) = -184 \text{ kJ} \end{aligned}$$

الإشارة السالبة لحرارة التفاعل تشير إلى أن التفاعل طارد للحرارة.

- ناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

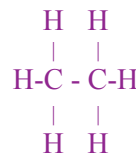
يحترق الإيثان (C_2H_6) في جو من الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:



باستخدام جدول طاقات الروابط؛ أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال: (المعطيات):

المواد المتفاعلة:



يوجد جزيئان من المركب (C_2H_6) يحتوي كل

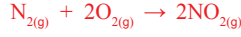
منهما ست روابط (C-H) ورابطة (C-C)

وهناك سبعة جزيئات من المركب (O_2) يحتوي كل منها رابطة ثنائية

(O=O)

المثال 5

يتفاعل النيتروجين مع الأكسجين مكوناً أكسيد النيتروجين كما في المعادلة الآتية:



باستخدام الجدول (3) الذي يمثل طاقات الروابط؛ أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

تحليل السؤال:

ألاحظ أنه في المواد المتفاعلة يوجد جزيء (N₂) الذي يحتوي على رابطة ثلاثية بين ذرتي النيتروجين (N≡N) بالإضافة إلى جزيئين من الأكسجين، يحوي كل منهما رابطة ثنائية بين ذرتي الأكسجين (O=O) أما في المواد الناتجة، فهناك جزيئان من (NO₂) يحتوي كل منهما على رابطة ثنائية مع إحدى ذرات الأكسجين (N=O)، وعلى رابطة أحادية مع الذرة الأخرى (N-O) فيكون هناك رابطتان (N=O) ورابطتان (N-O) في النواتج



الحل:

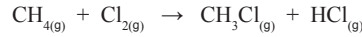
$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum BE_{re} - \sum BE_{pr} \\ &= 1 \times (\text{N} \equiv \text{N}) + 2 \times (\text{O} = \text{O}) - (2 \times (\text{N}=\text{O}) + 2 \times (\text{N} - \text{O})) \\ &= 1 \times 945 + 2 \times 498 - (2 \times 607) + (2 \times 201) \\ &= 1941 - 1616 = +325 \text{ kJ} \end{aligned}$$

ألاحظ أن الإشارة الموجبة لحرارة التفاعل تشير إلى أن التفاعل ماص للحرارة.

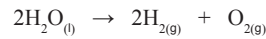
✓ **أتحقق:**

بالاعتماد على جدول طاقات الروابط (3): أحسب تغير المحتوى الحراري للتفاعلين الآتيين، وأصنفها إلى ماصة، وأخرى طاردة للحرارة:

(1) تفاعل غاز الميثان مع غاز الكلور لتكوين غاز كلورو ميثان وغاز كلوريد الهيدروجين، كما في المعادلة الآتية:



(2) تحلل الماء وفق المعادلة الآتية:

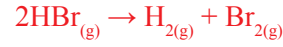


66

• أناقش الطلبة في المثال (5)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

يتحلل بروميد الهيدروجين (HBr) وفق المعادلة الآتية:



باستخدام جدول طاقات الروابط؛ أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد جزيئان من المركب (HBr) يحتوي كل منها

على رابطة (H-Br)

المواد الناتجة:

هناك رابطة (H-H) في المركب H₂، ورابطة (Br-Br)

المركب (Br₂).

الحل:

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 2(\text{H}-\text{Br}) - ((\text{H}-\text{H}) + (\text{Br}-\text{Br}))$$

$$\Delta H = 2(362) - (436 + 190) = 98 \text{ kJ}$$

✓ **أتحقق:**

(1) تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد أربع روابط (C-H) في المركب (CH₄)

ورابطة (Cl-Cl) في المركب Cl₂

المواد الناتجة:

توجد ثلاث روابط (C-H) في المركب (CH₃Cl)

ورابطة (C-Cl)، وهناك رابطة (H-Cl) في المركب HCl.

الحل:

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 4(\text{C}-\text{H}) + (\text{Cl}-\text{Cl}) - (3(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{Cl}) + (\text{H}-\text{Cl}))$$

$$\Delta H = 4(\text{C}-\text{H}) + (\text{Cl}-\text{Cl}) - (3(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{Cl}) + (\text{H}-\text{Cl}))$$

$$\Delta H = 4(413) + (242) - (3(413) + (327) + (413))$$

$$= -103 \text{ kJ}$$

(2) تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

هناك جزيئان (H₂O) كل جزيء منها يحتوي على رابطتين (O-H) أي أن هناك

أربع روابط (O-H)

المواد الناتجة:

يوجد جزيئان H₂ كل جزيء يحتوي على رابطة (H-H)، أي أن هناك رابطتين (H-H).

ورابطة (O=O) في المركب O₂.

الحل:

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 4(\text{O}-\text{H}) - (2(\text{H}-\text{H}) + (\text{O}=\text{O}))$$

$$\Delta H = 2(464) - (2(436) + (494)) = 490 \text{ kJ}$$

• ناقش مع الطلبة المثال (6)، ثم أطلب اليهم حل المثال الآتي.

مثال إضافي

• يحترق الكبريت بوجود الأكسجين لتكوين ثالث

أكسيد الكبريت وفق المعادلة الآتية:



• أستخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى

الحراري للتفاعل:



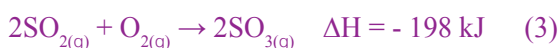
الحل:

أوجه الطلبة إلى ملاحظة أن المعادلة المطلوبة لا تتضمن

المركب SO_2 ولذلك يجب التخلص منه عند جمع

المعادلتين؛ ولذلك نعكس المعادلة (2) ونعكس إشارة

(ΔH) لتصبح المعادلة على النحو الآتي:



وحيث إن المعادلة الثانية تحتوي على مولين من المركب

SO_2 في حين إن المعادلة الأولى تحتوي على مول واحد

منه فإننا نضرب المعادلة الأولى بـ (2) وكذلك (ΔH)

لتصبح كما يأتي:



نجمع المعادلتين (3,4) وقيم (ΔH) لهما لنحصل على

المعادلة النهائية وقيمة التغير في المحتوى الحراري

للتفاعل



قانون هيس Hess's Law



جيرمان هنري هيس

يحدث كثيرٌ من التفاعلات الكيميائية بخطوتين أو أكثر، ويمثل مجموع هذه الخطوات المعادلة النهائية للتفاعل، ولما كان التغير في المحتوى الحراري لا يعتمد على مسار حدوث التفاعل أو الخطوات التي يمرُّ بها، ويعبر عن الحالة النهائية للتفاعل، فقد توصل الكيميائي جيرمان هنري هيس Germain Henri Hess إلى أن التغير في المحتوى الحراري يساوي مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل سواءً أحدث التفاعل بخطوة واحدة أم أكثر، وهذا ما يُعرف بقانون هيس Hess's Law الذي ينص على أن «التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يعتمد على طبيعة المواد المتفاعلة والناجحة، وليس على مسار حدوث التفاعل». ولتوضيح كيفية حساب حرارة التفاعل باستخدام قانون هيس ندرس الأمثلة الآتية:

المثال 6

يتفاعل الغرافيت (C) مع الأكسجين لتكوين أول أكسيد الكربون كما في المعادلة الآتية:



عند إجراء التفاعل، يتكون خليطٌ من أول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، ويمكن زيادة نسبة الأكسجين للحصول على ثاني أكسيد الكربون (CO_2) كما في المعادلتين الآتيتين، أي أنه يمكن وضع تصورٍ لحدوث التفاعل يشتمل على خطوتين لكلٍ منهما حرارة تفاعل خاصةً بها كما يأتي:



باستخدام المعادلتين (2+1) أحسب حرارة التفاعل.

تحليل السؤال:

لحساب حرارة التفاعل يجب إعادة تنظيم التفاعلين لنحصل عند جمعهما على المعادلة النهائية للتفاعل، وحيث إن الناتج النهائي للتفاعل يتضمن أول أكسيد الكربون (CO)، ولابد أن يظهر في الناتج عند جمع المعادلتين، ولذلك نعكس المعادلة (2) ونعكس إشارة (ΔH) ونضرب المعادلة في (2) للتخلص من الكسر في المعادلة؛ لتصبح على النحو الآتي:



67

المناقشة:

• أوظف التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة

الإجابة عن الأسئلة الآتية، واختيار أحدهم لتدوين الإجابات في ورقة -بعد الاتفاق

عليها- خلال 10 min.

- هل تحدث التفاعلات الكيميائية بخطوة واحدة أم أكثر؟

معظم التفاعلات تحدث بأكثر من خطوة، ويمثل مجموع هذه الخطوات المعادلة

النهائية للتفاعل.

- ما قانون هيس؟

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يعتمد على طبيعة المواد المتفاعلة والناجحة، وليس

على مسار حدوث التفاعل.

• أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، ثم أوضح لهم أن التغير في المحتوى الحراري

يساوي مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل، سواء حدث التفاعل

بخطوة أو أكثر، وهذا ما توصل إليه العالم هيس.

استخدام الرسوم والصور:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وناقش معهم مخطط تغير المحتوى الحراري لتفاعل الغرافيت مع الأكسجين.

قانون هيس

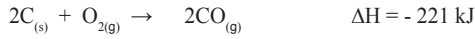
طريقة أخرى للتدريس

- أطلب إلى الطلبة قراءة قانون هيس بشكل متمعن أربع دقائق.
- أطلب إلى كل طالب انتقاء زميل له، وأطلب إليها مناقشة الأفكار التي توصل كل منهما إليها حول قانون هيس لمدة خمس دقائق. أدير نقاشاً بين مجموعات الطلبة حول ما توصلوا إليه بحيث تشارك كل مجموعة باقي المجموعات أفكارها.

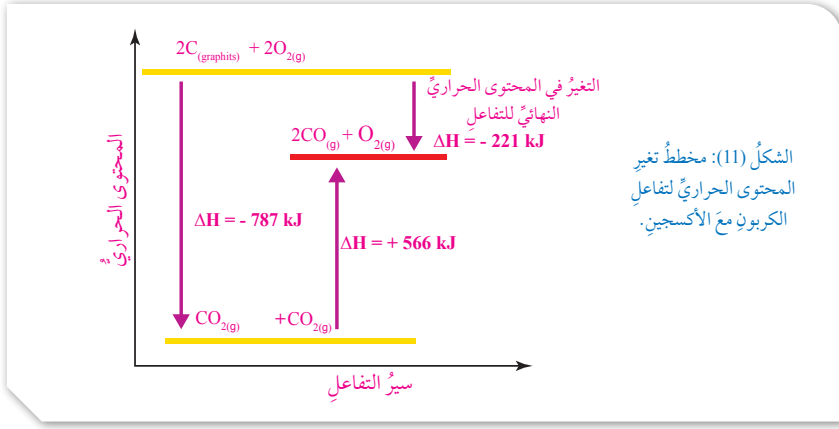
يصحح لدينا المعادلتان على النحو الآتي:



ألاحظ أن المركب (CO₂) لا يُظهر في معادلة التفاعل المطلوب حساب التغير في المحتوى الحراري له، لذلك يجب التخلص منه عند جمع المعادلتين، وعليه، يجب أن تكون أعداد مولاته متساوية في المعادلتين لأتمكّن من اختصاره، فأضرب المعادلة (1) في (2)، وأجمع المعادلتين (1) و (3) مع مراعاة اختصار الصيغ المتماثلة على جانبي المعادلتين، وأحصل على صافي المعادلة الكلية للتفاعل ومقدار التغير في المحتوى الحراري للتفاعل كما يأتي:



وهكذا يمكن حساب حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري باستخدام قانون هيس، ويبيّن الشكل (11) مخطط التغير في المحتوى الحراري لتفاعل الغرافيت مع الأكسجين.



68

توظيف التكنولوجيا

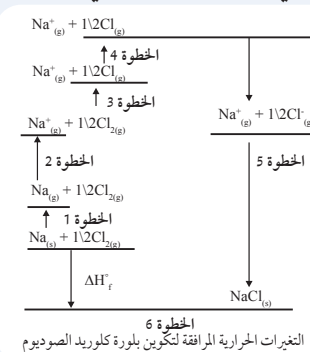
أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية أو عروض تقديمية على حساب تغيرات المحتوى الحراري باستخدام قانون هيس، أو يمكنني إعداد عروض تقديمية لحلول بعض المسائل الحسابية لقانون هيس. أشارك الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق أية وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



إضاءة للمعلم/المعلمة

التغير في المحتوى الحراري لتكوين البلورة الأيونية الصلبة:

- تُعرّف طاقة البلورة بأنها التغير في المحتوى الحراري المرافق لارتباط مول من أيونات سالبة، ومول من أيونات موجبة في الحالة الغازية لتكوين البلورة الصلبة. ويمكن حسابها بطريقة بورن-هاربر التي تعتمد على قانون هيس؛ حيث يكون مجموع تغيرات الطاقة التي تحدث في حلقة مغلقة يساوي صفرًا.



- ويمكن توضيح ذلك بواسطة المخطط الآتي الذي يمثل مراحل تكوين بلورة كلوريد الصوديوم، كما يأتي:
- الخطوة (1): تكوين ذرات الصوديوم الغازية وحرارة تكوينها.

- الخطوة (2): طاقة تأين ذرات الصوديوم الغازية.
- الخطوة (3): تكوين ذرات الكلور الغازية من جزيء الكلور وحرارة تكوينها.
- الخطوة (4): تكوين أيون الكلوريد السالب (الألفة الإلكترونية).
- الخطوة (5): ترابط الأيونات المختلفة لتكوين البلورة الصلبة، وحرارة تكوينها.
- الخطوة (6): تكوين البلورة الصلبة من الذرات الصلبة، وحرارة تكوينها.
- ويلاحظ أن حرارة تكوين أيون الكلوريد السالب (الألفة الإلكترونية) وكذلك حرارة تكوين البلورة الصلبة من الذرات الصلبة تكون ذات قيم سالبة. وبالتالي؛ فمجموع حرارة التكوين المرافقة لهذه الخطوات يساوي صفرًا. وهذا يمكن بتطبيق هذه العلاقة حساب طاقة تكوين البلورة.

يتفاعل الأكسجين مع غاز كلوريد الهيدروجين؛ وفق المعادلة الآتية:



أستخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:



تحليل السؤال: (المعطيات):

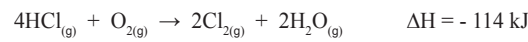
ألاحظ أن المعادلة المطلوبة لا تتضمن المركب HCl في المواد الناتجة، وإنما يوجد في المواد المتفاعلة؛ لذلك أعكس المعادلة (1)، وأعكس إشارة (ΔH)؛ لتصبح المعادلة كما يأتي:



وحيث إن المعادلة النهائية تحتوي على (4) مولات من HCl، في حين أن المعادلة (3) تحتوي على مولين منه؛ فإنني أضرب المعادلة (3) بقيمة (ΔH) بـ (2)، وتصبح المعادلة كما يأتي:



أجمع المعادلتين (2,4) وقيم (ΔH) لهما؛ لأحصل على المعادلة النهائية وقيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* قضايا مرتبطة بالعمل: إدارة الوقت

أوجه الطلبة إلى ضرورة الاستفادة من الوقت أثناء العمل وحل التمارين؛ وذلك بتنظيم العمل وتوزيع الأدوار، والتركيز على الخطوات الأساسية المتسلسلة في حل التمارين، وتنفيذ المهمة خلال الوقت المقرر لكل مهمة؛ للوصول إلى إجابات منطقية ضمن هذا الوقت.

• أناقش الطلبة في المثال (7)، ثم أبين لهم أهمية قانون هيس وأناقش معهم تحول الماس إلى الغرافيت:

مثال إضافي

يعد الماس والغرافيت شكلين من أشكال الكربون، حيث إن الغرافيت هو الشكل الأكثر ثباتاً للكربون، علمًا بأن عملية تحول الماس إلى الغرافيت تتطلب زمناً طويلاً يقدر بملايين السنين،



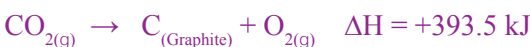
وهذا يعني أنه من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعل عملياً، ولذلك لجأ الكيميائيون إلى حساب حرارة التفاعل باستخدام قانون هيس على النحو الآتي:

يحترق كل من الماس والغرافيت بوجود الأكسجين؛ وفقاً للمعادلتين الحراريتين الآتيتين:



الحل:

حيث إن المطلوب حساب حرارة تحول الماس إلى الغرافيت؛ فإنه يمكن عكس المعادلة الثانية، وعكس إشارة التغير في المحتوى الحراري، وجمع المعادلتين على النحو الآتي نحصل على حرارة تحول الماس إلى الجرافيت:



تشير إشارة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل إلى أن عملية التحول عملية طاردة للطاقة.

كذلك يعزز طول زمن التحول الذي يقدر بملايين السنين طمأنينة أصحاب متاجر الألماس والأحجار الكريمة على قطعهم الماسية وأحجارهم الكريمة؛ من خطر تحولها إلى الغرافيت.

◀ المناقشة:

- أوّظف التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية، واختيار أحدهم لتدوين الإجابات في ورقة -بعد الاتفاق عليها- خلال 10 min.

- كيف تحسب حرارة التفاعل وفق قانون هيس؟

أن حرارة التفاعل (ΔH) تمثل مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \dots$$

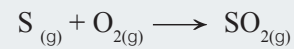
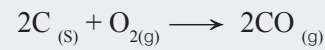
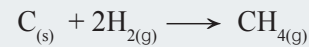
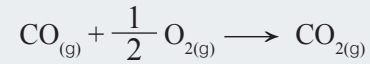
- ما المقصود بحرارة التكوين القياسية؟

التغير في المحتوى الحراري الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية في الظروف القياسية. الذي يرمز إليه بالرمز (ΔH_f°).

- أجري نقاشاً مع الطلبة موضحاً لهم معادلة تكوين مول من الماء من الأكسجين والهيدروجين في الظروف القياسية. ثم أوضح لهم المقصود بالظروف القياسية.

نشاط سريع

- أكتب المعادلات الأربع الآتية على اللوح، وأطلب إلى الطلبة تحديد أيها يتوافق مع مفهوم حرارة التكوين القياسية، وتسويغ إجاباتهم بأسباب منطقية صحيحة:



المعادلات على الترتيب:

لا تنطبق؛ لأن الأكسجين المتفاعل نصف مول.

لا تنطبق؛ لأن الهيدروجين المتفاعل مولان اثنان.

لا تنطبق؛ لأنه ينتج مولان من أول أكسيد الكربون من:

تفاعل مولين من الكربون مع مول من الأكسجين.

تنطبق؛ لأن مولاً من الكبريت يتفاعل مع مول من

الأكسجين؛ لإنتاج مول من أكسيد الكبريت.

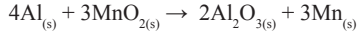
يتضح من المثالين السابقين أنه يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل باستخدام قانون هيس، بحساب مجموع التغيرات في المحتوى الحراري للتفاعلات التي تمثل خطوات حدوث التفاعل، أي أن:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \dots$$

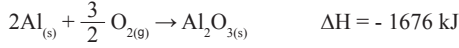
وكذلك حرارة التفاعل الكلية تساوي مقداراً ثابتاً، بغض النظر عن خطوات حدوث التفاعل.

✓ أتتحقق:

يتفاعل الألمنيوم (Al) مع أكسيد المنغنيز (MnO_2) وفق المعادلة الآتية:



استخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:



حرارة التكوين القياسية (ΔH_f°)

Standard Enthalpy of Formation

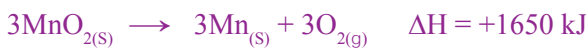
يقصد بحرارة التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation:

التغير في المحتوى الحراري الناتج من تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية. وتشير الحالة القياسية إلى قياس التغير في المحتوى الحراري في الظروف القياسية؛ حيث يكون التركيز (1mol/L) ودرجة الحرارة 25°C وعند ضغط (1atm)، تُستخدم حرارة التكوين القياسية في حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل. ولفهم حرارة التكوين القياسية وكيفية استخدامها في حساب التغير في المحتوى الحراري، نأخذ حرارة التكوين القياسية للماء من عناصره الأساسية، ففي الظروف القياسية يتفاعل نصف مول من غاز الأكسجين (O_2) مع مول من غاز الهيدروجين (H_2) لتكوين مول من الماء السائل، ويرافق ذلك انبعاث طاقة حرارية مقدارها (285.8 kJ/mol)، وهذه الطاقة تمثل حرارة التكوين القياسية للماء، ويرمزُ إليها بالرمز (ΔH_f°).

70

✓ أتتحقق:

للتخلص من الأكسجين نضرب المعادلة الأولى بـ (2)، ونعكس المعادلة الثانية ونضربها بـ (3)، ونجمعها؛ لتصبح المعادلات على النحو الآتي:



◀ قراءة الجدول:

- أوجه الطلبة إلى دراسة الجدول (4) الذي يبين قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات في الظروف القياسية، وتعرّف حرارة تكوين القياسية لهذه المركبات، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

- كيف تستخدم هذه القيم في حساب حرارة التفاعل القياسية للتفاعل؟
أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبين لهم أن التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية لجميع المركبات في التفاعل، وأكتب على اللوح العلاقة التي توضح ذلك:

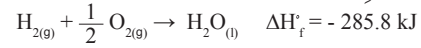
$$\Delta H_f^\circ = \sum \Delta H_{f(\text{pr})}^\circ - \sum \Delta H_{f(\text{re})}^\circ$$

أفكر لأن بعض المركبات مثل (NO₂) و (NO) تكون الطاقة اللازمة لتكسير الروابط بين ذراتها أكبر من الطاقة الناتجة عن تكوينها.

◀ تعزيز: حرارة التكوين

- يلاحظ من الجدول (4) أن معظم المركبات تكون حرارة تكوينها قيمًا سالبة، وهذا يشير إلى أن تكوين هذه المركبات من عناصرها الأولية يجعلها طاردة للحرارة، ما يعني أنها أكثر استقرارًا من المركبات ذات حرارة التكوين الموجبة التي تكون تفاعلات ماصة للحرارة، وكلما زادت كمية الحرارة المنبعثة كان المركب أكثر استقرارًا، وكلما زادت كمية الحرارة الممتصة يكون المركب أقل ثباتًا واستقرارًا.

ويمكن التعبير عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



ويبين الجدول (4) قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات، حيث يمكن استخدام هذه القيم في حساب حرارة التفاعل القياسية أو التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الذي يُرمز إليه بالرمز (ΔH°)، الذي يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية لجميع المركبات في التفاعل، يُلاحظ أن حرارة التكوين القياسية لمعظم المركبات الناتجة من التفاعل تكون ذات إشارة سالبة، وقد اتفق العلماء أن حرارة التكوين القياسية للعناصر الحرة تساوي صفرًا، وبهذا يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل باستخدام العلاقة الآتية:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_{f(\text{pr})}^\circ - \sum \Delta H_{f(\text{re})}^\circ$$

حيث:

ΔH° : التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

ΔH°_{re} : حرارة التكوين القياسية للمركبات المتفاعلة.

ΔH°_{pr} : حرارة التكوين القياسية للمركبات الناتجة.

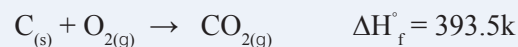
أفكر لماذا تظهر قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات في الجدول بقيم موجبة؟

الجدول (4): قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات، مقاسةً بوحدة (كيلو جول/مول)

المادة	ΔH _f [°]	المادة	ΔH _f [°]	المادة	ΔH _f [°]
Al ₂ O _{3(s)}	-1669.8	C ₃ H _{8(g)}	-103.8	Fe ₂ O _{3(s)}	-822.2
CaCO _{3(s)}	-1207.0	C ₂ H ₅ OH _(l)	-277.6	NH ₄ Cl _(s)	-315.4
CaO _(s)	-653.5	H ₂ S _(g)	-20.1	NO _(g)	+90.4
Ca(OH) _{2(s)}	-986.6	HBr _(g)	-36.2	NO _{2(g)}	+33.9
CO _{2(g)}	-393.5	HCl _(g)	-92.3	NH _{3(g)}	-46.1
CO _(g)	-110.5	HF _(g)	-268.6	SiO _{2(s)}	-859.4
CH _{4(g)}	-74.8	HI _(g)	+25.9	SO _{2(g)}	-296.1
C ₂ H _{2(g)}	+226.7	H ₂ O _(g)	-241.8	SO _{3(g)}	-395.2
C ₂ H _{4(g)}	+52.7	H ₂ O _(l)	-285.8	HNO _{3(aq)}	-207.4
C ₂ H _{6(g)}	-84.7	H ₂ O _{2(l)}	-187.6	CCl _{4(l)}	-139

إضاءة للمعلم/المعلمة

إن تغيرات المحتوى الحراري لبعض التفاعلات يمكن قياسها مقارنةً بتغيرات المحتوى الحراري لتفاعلات أخرى؛ لذلك فإنه يجري قياس تغيرات المحتوى الحراري في ظروف قياسية تشير إلى درجة الحرارة (25°C) وضغط يساوي واحد ضغط جو، ويشار إلى هذه الظروف بالرمز (°). وعند الحديث عن حرارة التكوين القياسية التي يرمز إليها بالرمز (ΔH_f[°]) فإنها تشير إلى الحرارة المرافقة لتكوين مول من المادة من عناصرها الأولية في حالتها القياسية، أي أنه يحدث التفاعل عند درجة الحرارة (25°C) وضغط يساوي واحد ضغط جو، وأن تكون الحالة الفيزيائية لهذه العناصر كما هي في الطبيعة، فمثلاً يوجد الكربون في الطبيعة في الحالة الصلبة، ويوجد الأكسجين في الحالة الغازية ومن ثم؛ فإن حرارة التكوين القياسية لمركب ثاني أكسيد الكربون تتحقق في المعادلة الآتية:



• أناقش مع الطلبة المثال (8)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

باستخدام الجدول (4)؛ أحسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الآتي:



الحل:

$$\Delta H_f^\circ (\text{NO}_{2(g)}) = +33.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{HNO}_{3(aq)}) = -207.4 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{NO}_{(g)}) = +90.4 \text{ kJ/mol}$$

عند حساب حرارة التفاعل القياسية، نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NO₂) بـ (3) بسبب وجود ثلاثة مولات منه، وكذلك نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (HNO₃) بـ (2) بسبب وجود مولين منه في المعادلة،

$$\begin{aligned} \Delta H_f^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ (\text{pr}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{re}) \\ &= (2(\text{HNO}_{3(aq)}) + (\text{NO}_{(g)})) \\ &= (2(-207.4) + (+90.4)) \\ &= (-414.8 + 90.4) = -324.4 \\ &= -(3(\text{NO}_{2(g)}) + (\text{H}_2\text{O}_{(l)})) \\ &= -(3(+33.9) + (-285.8)) \\ &= (101.7 - 285.8) = -184.1 \\ &= -184.1 + 140.3 = 324.4 \text{ kJ} \end{aligned}$$

وبيّن المثال الآتي كيفية حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل باستخدام قيم حرارة التكوين:

المثال 8

باستخدام الجدول (4) الذي يبيّن قيم حرارة التكوين للمركبات المختلفة أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الآتي:



تحليل السؤال (المعطيات):

بالرجوع إلى الجدول أجد أنّ حرارة التكوين للمركبات في التفاعل كما يأتي:

$$\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4) = -74.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -285.8 \text{ kJ/mol}$$

عند حساب التغير في المحتوى الحراري أضرب حرارة تكوين المركب بعدد مولاته في المعادلة الآتية:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{pr}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{re})$$

$$\Delta H^\circ = (\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) + 2 \Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O})) - (\Delta H_f^\circ (\text{CH}_4) + 2 \Delta H_f^\circ (\text{O}_2))$$

$$\Delta H^\circ = (-393.5 + 2(-285.8)) - (-74.8 + 0)$$

$$\Delta H^\circ = (-393.5 - 571.6) + 74.8 = -890.3 \text{ kJ}$$

✓ أتحقّق:

باستخدام جدول حرارة التكوين القياسية، أحسب حرارة التفاعل الآتي:



72

✓ أتحقّق:

نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NH₃) بـ (4)، وكذلك نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NO₂) بـ (4) بسبب وجود أربعة مولات من كل منها في المعادلة، ونضرب حرارة التكوين القياسية للماء (H₂O_(g)) بـ (6)، ألاحظ أنّ حرارة تكوين عنصر الأكسجين تساوي صفرًا.

$$\Delta H_f^\circ = \sum \Delta H_f^\circ (\text{pr}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{re})$$

$$\Delta H_f^\circ = (4(\text{NO}_2) + 6(\text{H}_2\text{O}_{(g)})) - 4(\text{NH}_3_{(g)})$$

$$\Delta H_f^\circ = (4(33.9) + 6(-241.8)) - 4(-46.1)$$

$$\Delta H_f^\circ = -1130.8 \text{ kJ} = -805.6 \text{ kJ}$$

الكربون ومولين من الماء، ويرافق هذه العملية إنتاج (882 kJ)، وأبين لهم أن احتراق مولين من الميثان سوف ينتج ضعف هذه الكمية من الحرارة، واحتراق 3 مولات منه ينتج ثلاثة أضعاف هذه الكمية.

- أجري مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة؛ مؤكداً لهم استخدام المعادلة الموزونة لحساب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل.
- أناقش مع الطلبة المثال (9)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

ينتج غاز أكسيد الكبريت (VI) SO_3 من احتراق الكبريت بوجود الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:



أحسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق (4g) من الكبريت، بوجود كمية وافرة من الأكسجين؛ علماً بأن الكتلة الذرية للكبريت تساوي (32g/mol).

تحليل السؤال:

بالرجوع إلى المعادلة الموزونة نجد أن احتراق مولين من الكبريت (S) ينتج (792 kJ)، ولحساب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق (4g) من الكبريت يجب أولاً تحويل هذه الكمية إلى مولات على النحو الآتي:

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{4g}{32g/mol} = 0.125 \text{ mol}$$

ثم نحسب النسبة المولية للكبريت كما يلي:

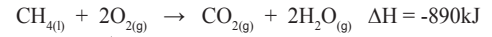
$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{0.125}{2} = 0.0625$$

ولحساب كمية الحرارة (q) الناتجة عن احتراق (4g) من الكبريت نضرب النسبة المولية بكمية الحرارة المرافق للتفاعل (ΔH) كما يأتي:

$$q = x \times \Delta H = 0.0625 \times (-792) = -49.5 \text{ kJ}$$

حساب حرارة التفاعل الكيميائي لكتلة معينة من المادة Calculate Heat of a Chemical Reaction for a Given Mass of a Substance

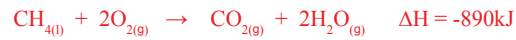
يُعبّر عن الطاقة المرافقة للتفاعل في المعادلة الكيميائية بكتابة حرارة التفاعل ضمن المعادلة؛ ففي التفاعلات الطاردة للحرارة تُكتب حرارة التفاعل في جهة المواد الناتجة، في حين تُكتب حرارة التفاعل في التفاعل الماص في جهة المواد المتفاعلة، وفي كلتا الحالتين تُعامل الطاقة في المعادلة كما تُعامل المواد المتفاعلة أو الناتجة، ويمكن التعبير عن حرارة التفاعل بكتابتها إلى جانب المعادلة، وتُسمى **المعادلة الكيميائية الحرارية** **The Thermochemical Equation**، فمثلاً، يحترق مول من غاز الميثان بوجود الأكسجين منتجاً طاقةً حراريةً مقدارها (890kJ) كما يأتي:



بالندقيق في المعادلة الكيميائية الحرارية، نجد أن احتراق مول من الميثان (CH_4) حيث كتلته المولية (16 g) احتراقاً تاماً بوجود (2) مول من الأكسجين ينتج ما مقداره (890kJ) من الحرارة، ويعني ذلك أنه ينتج من احتراق مولين من الميثان كتلتهم (32 g) ما مقداره (1780kJ) (890×2)، وعليه، يمكن استخدام المعادلة الكيميائية الحرارية لحساب كمية الحرارة المرافقة لاحتراق كتلة معينة من المادة أو تفاعلها.

المثال 9

يحترق الميثان بوجود الأكسجين؛ وفق المعادلة الحرارية الآتية:



إذا احترق (128 g) من الميثان بوجود كمية كافية من الأكسجين، فأحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل؛ علماً بأن الكتلة المولية للميثان تساوي (16 g/mol).

تحليل السؤال: المعطيات

بالرجوع إلى المعادلة الموزونة نجد أن احتراق مول من الميثان (CH_4) ينتج (890 kJ)، ولأن المطلوب حساب كمية الحرارة الناتجة من احتراق (128 g) من الميثان، فإني أحول هذه الكتلة إلى مولات كما يأتي:

المناقشة:

- أوظف التعلم التعاوني؛ بتقسيم الطلبة في مجموعات، بحيث يدون أحدهم الإجابات على ورقة بعد الاتفاق عليها ضمن مدة زمنية مقدارها 10 min، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- كيف يمكن التعبير عن الطاقة المرافقة للتفاعل في المعادلة الموزونة؟
- كتابة حرارة التفاعل ضمن المعادلة الكيميائية.
- ما المقصود بالمعادلة الكيميائية الحرارية؟
- كتابة الحرارة في المعادلة الكيميائية جهة المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة. وقد تكتب قيمة التغير في المحتوى الحراري (ΔH) وإشارته إلى جانب المعادلة.
- كيف يمكن حساب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل كميات محددة من المواد؟
- إلى ماذا يشير التغير في المحتوى الحراري المرافق للتفاعل؟
- احتراق مول من الميثان يستهلك مولين من الأكسجين، وينتج مولاً من ثاني أكسيد

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{128}{16} = 8 \text{ mol}$$

ثمَّ علَيَّ حسابُ النسبة المولية للمادة (CH₄) بقسمة عدد مولاتها في التفاعل (n_r) على عدد مولاتها في المعادلة (n_e).

$$\frac{n_r}{n_e} = \frac{8}{1} = 8$$

ثمَّ أحسبُ كمية الحرارة الناتجة (q) منها بضرب النسبة المولية في كمية الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH).

$$q = 8 \times \Delta H = 8 \times 890 = 7120 \text{ kJ}$$

المثال 10

يُحضَّرُ أكسيد الكالسيوم CaO من تحلل كربونات الكالسيوم CaCO₃ بالحرارة؛ وفق المعادلة الحرارية الآتية:



أحسبُ كمية الحرارة اللازمة لتحليل (150 g) من كربونات الكالسيوم بشكلٍ كاملٍ؛ علمًا بأنَّ الكتلة المولية لكربونات الكالسيوم تساوي (100 g/mol).

تحليلُ السؤال: المعطياتُ

بالرجوع إلى المعادلة الموزونة أجدُ أنَّ تحلل مول كربونات الكالسيوم CaCO₃ يُنتجُ (178 kJ) وحيثُ إنَّ المطلوب حسابُ كمية الحرارة اللازمة لتحليل (150 g) من كربونات الكالسيوم CaCO₃ فإنني أحوّل هذه الكتلة إلى مولاتٍ كما يأتي:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{150}{100} = 1.5 \text{ mol}$$

ثمَّ أحسبُ النسبة المولية للمادة (CaCO₃) بقسمة عدد مولات المادة (n_r) على عدد مولاتها في المعادلة (n_e).

$$\frac{n_r}{n_e} = \frac{1.5}{1} = 1.5$$

ثمَّ أحسبُ كمية الحرارة الناتجة (q) منها بضرب النسبة المولية في كمية الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH).

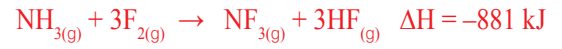
$$q = 1.5 \times \Delta H = 1.5 \times 178 = 267 \text{ kJ}$$

74

• أناقش مع الطلبة المثال (10) وأبيّن لهم أنه يمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لتفاعل أو تحلل كمية معينة من مادة ما يجري حسابها بالطريقة نفسها التي تُحسب بها كمية الحرارة الناتجة عن حرق كمية من مادة ما أو تفاعلها. ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

مثال إضافي

يتفاعل غاز الأمونيا مع الفلور؛ وفق المعادلة الآتية:



أحسب كمية الحرارة الناتجة عن استهلاك (34 g) من غاز الأمونيا؛ علمًا بأن الكتلة المولية له تساوي (17 g/mol).

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{34 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}$$

ثم نحسب النسبة المولية للأمونيا كما يأتي:

$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{2}{1} = 2$$

ولحساب كمية الحرارة (q) المرافقة للتفاعل؛ نضرب النسبة المولية بكمية الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH) كما يأتي:

$$q = x \times \Delta H = 2 \times (-881) = -1762 \text{ kJ}$$

معلومة إضافية

تحويلات الطاقة

• تعبّر الطاقة في الفيزياء عن كمية الشغل المنجز عن طريق قوة، أو سرعة، أو طاقة حركية تؤثر في نظام معين؛ إذ تستعمل أنواع مختلفة من الطاقة لتشغيل الآلات الميكانيكية مثل محركات السيارات، فعند احتراق الوقود في المحرك الاحتراق الداخلي بوجود الأكسجين تنتج كميات كبيرة من الطاقة الحرارية والغاز ما يولد ضغط كبير يعمل على تحريك المكابس الموجودة في المحرك مولدًا طاقة حركية تحرك السيارة. وبهذا؛ فإن الطاقة الكيميائية المخزونة في الوقود تتحول إلى طاقة حرارية تتحول بدورها إلى طاقة حركية (ميكانيكية)، وبهذا؛ فإن تصميم محركات السيارات يأخذ بالاعتبار كمية الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق الوقود، وكمية الغاز الناتجة، والضغط الناتج عنها.

مراجعة الدرس

1 يمكن حساب التغير في المحتوى الحراري بطرائق مختلفة؛
منها طاقة الرابطة، قانون هيس.

2 طاقة الرابطة: كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط
بين ذرتين في الحالة الغازية.

حرارة التكوين القياسية: التغير في المحتوى الحراري الناتج
عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية.

$$\Delta H = ((N \equiv N) + 6(H-O)) - (6(N-H) + 3 \cdot 2(O=O)) \quad 3$$

$$\Delta H = (942 + 2784) - (2316 + 741) = 669 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{pr}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{re}) \quad 4$$

$$\Delta H_f^\circ = (\text{NO}_{(g)} + \text{CO}_{2(g)}) - (\text{NO}_{2(g)} + \text{CO}_{(g)})$$

$$\Delta H_f^\circ = 90.4 + (-393.5) - (33.9 + (-110.5))$$

$$\Delta H_f^\circ = -303.1 - 76.6 = -379.7 \text{ kJ}$$

5 نحسب عدد مولات (HCN):

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{20g}{27g/mol} = 0.74 \text{ mol}$$

نحسب النسبة المولية:

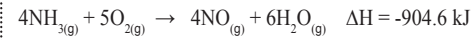
$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{0.74}{2} = 0.37$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.37 \times (-940) = -347.8 \text{ kJ}$$

✓ أتتحقق:

1 يُحضَّر أكسيد النيتروجين (NO) باحتراق الأمونيا بوجود الأكسجين؛
وفق المعادلة الحرارية الآتية:



أحسب كمية الحرارة الناتجة عند احتراق كمية كافية من الأمونيا
لإنتاج (200 g) من أكسيد النيتروجين (NO)، علمًا بأن الكتلة
المولية لأكسيد النيتروجين (NO) تساوي (30g/mol).

2 يحترق الإيثانول السائل (CH₃CH₂OH) بوجود الأكسجين؛ وفق
المعادلة الحرارية الآتية:



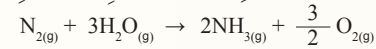
إذا احترق (30 g) من الإيثانول بوجود كمية كافية من الأكسجين
فأحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل. علمًا بأن الكتلة المولية
للإيثانول تساوي (46g/mol).

مراجعة الدرس

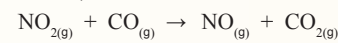
1 - الفكرة الرئيسة: أوضح طرائق حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

2 - ما المقصود بكل من: طاقة الرابطة، وحرارة التكوين القياسية؟

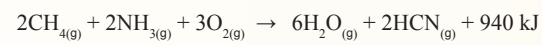
3 - أستخدم الأرقام: أحسب حرارة التفاعل الآتي باستخدام جدول قيم الرابطة:



4 - أستخدم الأرقام: أحسب حرارة التفاعل الآتي، باستخدام جدول قيم التكوين القياسية:



5 - أستخدم الأرقام: أحسب: يُحضَّر سيانيد الهيدروجين (HCN) وفق المعادلة الآتية:



إذا أنتج 20 g من سيانيد الهيدروجين، فأحسب الطاقة المرافقة للتفاعل؛ علمًا
أن الكتلة المولية لـ (HCN) = 27g/mol

✓ أتتحقق:

1) نحسب عدد مولات (NO):

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{200g}{30g/mol} = 6.66 \text{ mol}$$

نحسب النسبة المولية:

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{6.66}{4} = 1.66$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 1.66 (-904.6) = -1501.64 \text{ kJ}$$

2) نحسب عدد مولات الإيثانول:

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{30g}{46g/mol} = 0.65 \text{ mol}$$

نحسب النسبة المولية:

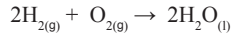
$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{0.65}{1} = 0.65$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.65 (-1368) = -889.2 \text{ kJ}$$

الهيدروجين وقودًا Hydrogen as Fuel

يعدُّ تفاعل احتراق الهيدروجين بوجود الأكسجين من التفاعلات الأكثر إنتاجًا للطاقة بين الموادَّ فهو من التفاعلات الطاردة للطاقة؛ حيثُ يحترقُ الهيدروجينُ وفقًا للمعادلة الآتية:



ف عند احتراق (2g) من الهيدروجين يُنتجُ الهيدروجين طاقةً حراريَّةً مقدارها (286 kJ)، وهذه الكميَّة من الطاقة كبيرةٌ مقارنةً بما تُنتجُه الكميَّة نفسها من أنواع الوقود الأخرى؛ لذلك يُستخدَمُ الهيدروجينُ وقودًا في الصواريخ الفضائية والغواصات، وحيثُ إنَّ احتراقَ الهيدروجين لا يرافقه إنتاجُ أيِّ من أنواع الغازات السامة؛ فهو يُعدُّ من الوقود النظيف. ويبيِّن الجدولُ (5) كميَّة الطاقة الناتجة من احتراق غرام واحد لعدد من أنواع الوقود المختلفة.

الجدول (5): كميَّة الطاقة الناتجة من احتراق غرام واحد من بعض أنواع الوقود	
الوقود	كميَّة الطاقة الناتجة (kJ/g)
الهيدروجين	143
الميثان	55
الأوكتان (المكوَّن الرئيس للنفط)	44
الغلوكوز	16



ويبيِّن الجدولُ (6) مزايا استخدام الهيدروجين كونه وقودًا احتراقي، وعيوبه في السيارات:

الجدول (6): مزايا استخدام الهيدروجين وقودًا احتراقي في السيارات، وعيوب ذلك الاستخدام	
مزايا استخدام الهيدروجين	عيوب استخدام الهيدروجين
إنتاجُ كميَّة كبيرة من الطاقة لكلِّ غرامٍ مقارنةً بأنواع الوقود الأخرى.	كثافة الهيدروجين السائل تعادلُ عُشرَ كثافة البنزين؛ لذلك تحتاجُ المركباتُ التي تستخدمُ الهيدروجين إلى خزاناتٍ وقودٍ أكبر بكثيرٍ من تلك التي تستخدمُ البنزين أو الديزل.
لا يرافقه احتراقُه انبعاثٌ للغازات السامة، مثل: ثاني أكسيد الكربون، أو ثاني أكسيد الكبريت.	يجبُ ضغطُ الهيدروجين وتخزينه بأمانٍ في خزانٍ الوقود؛ فهو غازٌ قابلٌ للاشتعال.
	عدمُ توافر عددٍ كافٍ من محطات الوقود التي تستخدمُ الهيدروجين وقودًا.

أبحاث مستعينًا بالكلمات المفتاحية الآتية: (خلية الهيدروجين، الهيدروجين وقودًا، كيفية عمل خلية الهيدروجين) عن كيفية عمل خلية الهيدروجين في إنتاج الطاقة، وأكتب تقريرًا بذلك، وأناقشه مع زملائي/ زميلاتي، أو أصمم عرضًا تقديميًا، وأعرضه عليهم.

76

أبحاث أوجّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية الآتية: خلية الهيدروجين، الهيدروجين باعتباره وقودًا، كيفية عمل خلية الهيدروجين، ثم كتابة تقرير، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، ثم أناقشهم فيه.

الهيدروجين باعتباره وقودًا

Hydrogen as Fuel

المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:
 - من أين تحصل المركبات الفضائية والغواصات على الطاقة اللازمة لتشغيلها؟
 - أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن مصدر الطاقة في هذه المركبات، والغواصات، وبعض المستشفيات الكبرى، والمنشآت الضخمة يعتمد على خلايا الوقود في الحصول على الطاقة اللازمة لها.
 - ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:
 - ما مصدر الطاقة في هذه الخلايا؟
 - أتقبَّل إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن احتراق الهيدروجين يعد مصدر الطاقة في هذه الخلايا.
 - أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشها معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (5)، وأطلب إليهم المقارنة بين كميات الطاقة الناتجة عن حرق غرام من أنواع مختلفة من الوقود، ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:
 - أي أنواع هذه الوقود له قيمة حرارية أعلى؟
 - أستمع إلى إجابات، وأبيِّن لهم أن الهيدروجين له أعلى قيمة حرارية؛ إذ إن غرامًا واحدًا منه ينتج كمية أكبر من الطاقة؛ مقارنةً بأنواع الوقود الأخرى في الجدول.
 - ثم أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (6)، وأطلب إليهم تحديد ميزات استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا للسيارات، وعيوبه.
 - أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم في مزايا استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا في السيارات.

مراجعة الوحدة

1 المحتوى الحراري للمادة: كمية الطاقة المخزونة في مول من المادة.

التفاعل الماص للطاقة: تفاعل يتطلب حدوثه تزويده بكمية كافية من الطاقة؛ حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.

طاقة التجمد المولية: كمية الطاقة الناتجة عن تجمد مول من المادة عند درجة حرارة معينة.

طاقة التسامي المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة الصلبة إلى الحالة الغازية.

الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة عند ضغط ثابت.

حرارة التكوين القياسية: التغير في المحتوى الحراري الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية.

القيمة الحرارية للوقود: كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقاً تاماً بوجود الأكسجين.

2 أ. التفاعل طارد للحرارة.

ب. الطاقة المنبعثة عند تكوين المواد الناتجة.



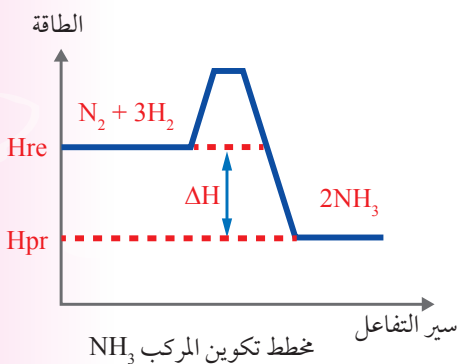
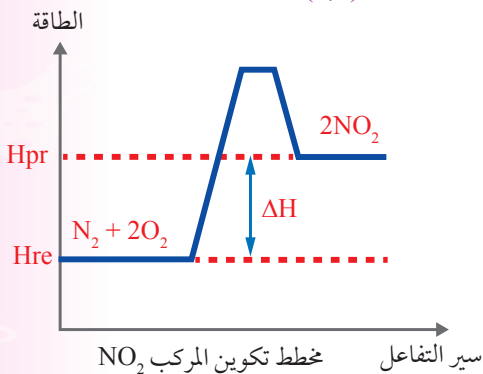
3 أ. التفاعلات الطاردة للطاقة: (1,4)

التفاعلات الماصة للطاقة: (2,3)

ب. ΔH تكون قيمة سالبة للتفاعلين (1,4)

ج. التفاعلات (1,4)

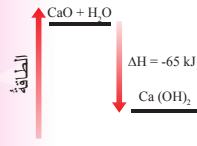
د.



مراجعة الوحدة

1. أوضَح المقصودَ بالمصطلحاتِ والمفاهيمِ الآتية:

- تغيرُ المحتوى الحراريّ.
- التفاعلُ الماصُّ للحرارة.
- طاقةُ التجمدِ المولية.
- طاقةُ التسامي المولية.
- الحرارةُ النوعية.
- حرارةُ التكوينِ القياسية.
- القيمةُ الحراريةُ للوقود.



2. المخططُ المجاورُ يمثلُ تفاعلَ أكسيد الكالسيوم مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم، أدرِس المخططَ وأجيبُ عن الأسئلة الآتية:

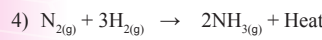
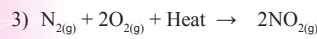
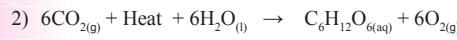
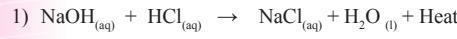
أ. هل التفاعلُ ماصٌّ أم طاردٌ للحرارة؟

ب. أيهما أكثرُ الطاقةُ اللازمةً لكسر الروابطِ في الموادِّ المتفاعلة أم الطاقةُ المنبعثةُ

عندَ تكوينِ النواتجِ؟

ج. اكتبُ معادلةً كيميائيةً حراريةً تمثلُ التفاعلَ.

3. أدرِس التفاعلاتِ الآتية، وأجيبُ عن الأسئلة التي تليها:



أ. أحددُ التفاعلَ الطاردَ للطاقة، والتفاعلَ الماصَّ لها.

ب. أحددُ أيها تكونُ قيمةُ (ΔH) لها إشارةً سالبةً.

ج. أستنتجُ أيها يكونُ فيه المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلة أكبرَ من المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة.

د. أرسمُ مخططاً لكلِّ من: تكوينِ المركبِ (NO_2) والمركبِ (NH_3) يبيِّنُ التغيُّرَ في المحتوى الحراريُّ لكلِّ منهما.

4. أفسرُ ما يأتي:

أ. تعدُّ عمليةُ التبخرِ تحولاً فيزيائياً ماصاً للطاقة، وعمليةُ التجمدِ تحولاً فيزيائياً طارداً للطاقة.

ب. طاقةُ التسامي المولية أكبرُ من طاقةِ التبخرِ المولية.

5. أستخدمُ الأرقامَ. إذا كانَ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة لتفاعلِ ما (90 kJ)، وللموادِّ المتفاعلة (10 kJ)، فكَم

يكونُ التغيُّرُ في المحتوى الحراريُّ للتفاعلِ؟ وما إشارتهُ؟

4 أ. لأن تحول الماء السائل إلى بخار يلزمه طاقة كافية للتغلب على الترابط بين جزيئات الماء

السائل فتتفصل عن بعضها على شكل جزيئات ماء حرة الحركة لا تجاذب بينها، أما التجمد فانه يتم بسبب تقارب جزيئات الماء السائل وانخفاض درجة حرارتها، وتفقد الطاقة وتقل طاقتها الحركية ويزداد التجاذب بين الجزيئات، ويزداد تماسكها؛ فتتقيد حركتها، وتصبح في الحالة الصلبة.

ب. لأن تحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية يتطلب تزويد جزيئات الماء بكمية من الطاقة تساوي مجموع كمية الطاقة اللازمة للانصهار، وكمية الطاقة اللازمة للتبخر.

$$\Delta H = H_{pr} - H_{re}$$

$$\Delta H = 90 \text{ kJ} - 10 \text{ kJ} = + 80 \text{ kJ}$$

مراجعة الوحدة

6 أ . قياس كتلة المصباح ومكوناته قبل عملية الاحتراق وبعده وإيجاد فرق الكتلة الذي يمثل كمية الوقود المحترقة.

ب. الإيثانول: 29.1 ، البرافين: 33.3

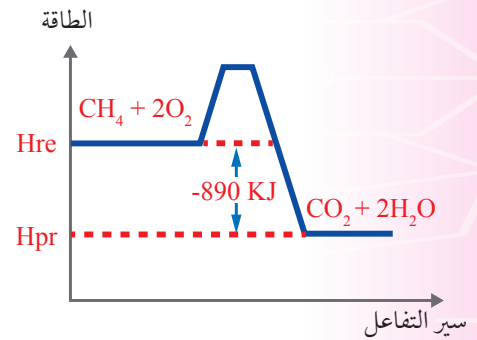
بنتان: 25.3 ، أوكتان: 40

ج. أوكتان

د. يتوقع أن يكون حوالي (10°C) أي نصف الارتفاع في درجة الحرارة، وذلك لأن كمية الحرارة الناتجة نفسها تنوزع على كمية من الماء تساوي ضعف الكمية المستخدمة في التجربة الأساسية.

هـ. المجموعة التي تستخدم العلبه الفلزية؛ لأن العلبه الفلزية أكثر قدرة على توصيل الحرارة من الوعاء الزجاجي.

و. لأن جزءاً من الحرارة سوف ينتقل إلى الوسط المحيط ما يقلل كمية الحرارة التي تصل إلى الماء.



8 كمية الحرارة التي يمتصها الماء تساوي كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الألمنيوم، أي أن:

$$q(\text{H}_2\text{O}) = -q(\text{Al})$$

$$m \cdot s \cdot \Delta t = -(m \cdot s \cdot \Delta t)$$

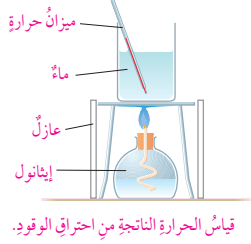
$$40 \times 4.18 (t_2 - 25) = -(25 \times 0.89 (t_2 - 60))$$

$$167.2 t_2 - 4180 = -22.25 t_2 + 1335$$

$$167.2 t_2 + 22.25 t_2 = 1335 + 4180$$

$$t_2 = \frac{5520}{189.45} = 29^\circ\text{C}$$

مراجعة الوحدة



6. نفذ مجموعة من الطلبة تجربة لقياس الطاقة المنبعثة من حرق أنواع مختلفة من الوقود السائل في المشعل، بتسخين (200 mL) من الماء في وعاء معدني، وقد حصلوا على النتائج الآتية المبينة في الجدول، أدرس هذه النتائج، وأجب عن الأسئلة التي تليها:

اسم الوقود	كتلة الوقود المحترقة (g)	الارتفاع في درجة حرارة الماء في علبة معدنية	ارتفاع درجة حرارة الماء لكل 1 g من الوقود المحترق
الإيثانول	1.1	32	
البرافين	0.9	30	
بنتان	1.5	38	
أوكتان	0.5	20	

أ . من وجهة نظري، كيف توصل الطلبة إلى حساب مقدار الوقود الذي حُرق في كل تجربة؟

ب. أكمل العمود الأخير من الجدول بحساب الارتفاع في درجة حرارة الماء الناتج من حرق 1 g من الوقود .

ج. ما الوقود الذي أنتج أعلى ارتفاع في درجة الحرارة لكل 1 g تم حرقه؟

د . أصف: إذا تكررت تجربة الأوكتان باستخدام (400 mL) من الماء في العلبه المعدنية؛ فما الارتفاع المتوقع في درجة الحرارة تقريباً؟ أصف كيف توصلت إلى إجابتك.

هـ. **أفسر:** استخدمت مجموعة أخرى من الطلبة دورقاً زجاجياً بدلاً من العلبه المعدنية في تجاربهم. أيه مجموعة من الطلبة ستحصل على نتائج أكثر دقة؟

و . **أفسر:** قياس تغيرات الطاقة عند حرق الوقود في المصباح الكحولي (Spirit Lamp) لا يعطي نتائج دقيقة للغاية.

7. يحترق مول من الميثان (CH_4) بوجود كمية وافرة من الأوكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء (H_2O)، وينتج من ذلك كمية من الحرارة مقدارها (890 kJ).

أ . أكتب معادلة كيميائية حرارية تعبر عن التفاعل.

ب. **أرسم مخططاً** يبين تغير المحتوى الحراري للتفاعل.

8. **أستخدم الأرقام.** وعاء يحتوي على (40 g) من الماء درجة حرارته (25°C)، أحسب درجة حرارة الماء النهائية؛ إذا وضعت فيه قطعة من الألمنيوم كتلتها (25 g) ودرجة حرارتها (60°C).

مراجعة الوحدة

9 درجة الحرارة النهائية = درجة الحرارة النهائية للماء
درجة الحرارة النهائية = 28°C

$$\Delta t(m) = 70 - 28.5 = 41.5^\circ\text{C}$$

$$q(w) = -q(m)$$

$$m \cdot s \cdot \Delta t = -(m \cdot s \cdot \Delta t)$$

$$40 \times 4.18 \times 3.5 = -(20 \times s \times (-41.5))$$

$$585.2 = 830 s$$

$$s = 0.7 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 60 - 22 = 38^\circ\text{C}$$

$$q = m \cdot s \cdot \Delta t = 15 \times 0.38 \times 38 = 722 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

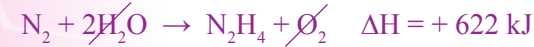
$$\Delta H = (H-H) + (I-I) - 2(H-I)$$

$$\Delta H = (436 + 149) - 2(295) = -5 \text{ kJ}$$

$$\Delta H = (N \equiv N) + 3(H-H) - 6(N-H)$$

$$\Delta H = (942) + 3(436) - 6(386) = -66 \text{ kJ}$$

12 للحصول على المعادلة النهائية نعكس المعادلة الأولى وإشارة (ΔH)، ثم نضرب المعادلة الثانية بـ (2) وقيمة (ΔH) ثم نجمع المعادلتين على النحو الآتي:



$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f(re)}$$

$$\Delta H^\circ = (4\Delta H^\circ_f(\text{CCl}_{4(l)}) + 4\Delta H^\circ_f(\text{HCl}_{(g)})) - \Delta H^\circ_f(\text{CH}_4(g))$$

$$\Delta H^\circ = 4(-139) + 4(-92.3) - (74.8) = -433.4 \text{ kJ}$$

14 نحسب عدد مولات (H_2S)

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{29.5}{34} = 0.876 \text{ mol}$$

نحسب النسبة المولية له:

$$X = \frac{0.876}{2} = 0.433 \text{ mol}$$

نحسب كمية الحرارة:

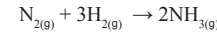
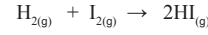
$$q = X \times \Delta H = 0.433 \times (-1036) = -448.59 \text{ kJ}$$

مراجعة الوحدة

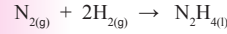
9. **أستخدم الأرقام.** أحسب الحرارة النوعية لمعدن مجهول، إذا وضعت قطعة منه كتلتها (20 g)، ودرجة حرارتها (70°C)، في (40 g) من الماء عند درجة حرارة (25°C)، فارتفعت درجة حرارة الماء بمقدار (3.5°C).

10. **أستخدم الأرقام.** أحسب كمية الحرارة اللازمة لتسخين قطعة من النحاس كتلتها (15 g) من (22°C) إلى (60°C).

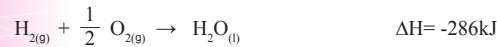
11. **أستخدم الأرقام.** أحسب حرارة التفاعل (ΔH) باستخدام طاقة الروابط للتفاعلين الآتيين:



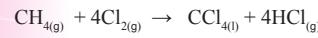
12. **أستخدم الأرقام.** الهيدرازين السائل (N_2H_4) هو أحد أنواع الوقود المستخدم في المركبات الفضائية، أحسب حرارة التفاعل الناتجة من تكوين الهيدرازين وفق المعادلة الآتية:



علمًا بأن:

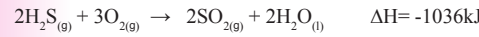


13. **أستخدم الأرقام.** يتكون رابع كلوريد الكربون (CCl_4) بتفاعل غاز الميثان (CH_4) مع غاز الكلور (Cl_2)، وفق المعادلة الآتية:



باستخدام حرارة التكوين القياسية للمركبات في التفاعل، أحسب حرارة التفاعل (ΔH).

14. **أستخدم الأرقام.** يحترق غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) بوجود كمية كافية من الأكسجين، وفق المعادلة الآتية:



أحسب كمية الحرارة الناتجة من احتراق (29.5 g) منه، علمًا أن الكتلة المولية لكبريتيد الهيدروجين = 34 g/mol.

15. **أستخدم الأرقام.** يحترق الجلوكوز في الجسم لإنتاج الطاقة اللازمة لقيام الخلايا بالوظائف المختلفة؛ وفق المعادلة الآتية:



فإذا كانت الطاقة التي يحتاج إليها لاعب كرة سلة خلال الساعة التدريبية الواحدة تساوي (2100 kJ)، فأحسب أقل كتلة من السكر يتم حرقها؛ إذا تدرب اللاعب ساعتين، علمًا بأن الكتلة المولية للجلوكوز = (180 g/mol).

79

15 يحتاج اللاعب في كل ساعة 2100 kJ، ويحتاج في الساعتين 4200 kJ، وحسب المعادلة فإن:



$$x = \frac{4200 \text{ kJ}}{2820 \text{ kJ}} \times 1 \text{ mol} = 1.489 \text{ mol}$$

$$m = n \times Mr = 1.489 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol}$$

$$m = 268 \text{ g}$$

رمز الإجابة	رقم الفقرة
ج	1
ب	2
د	3
ب	4
ج	5

16. أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ من الفقراتِ الآتية:

- يكونُ التغيرُ في المحتوى الحراري سالبًا عندما يكونُ:
 - المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة مساويًا للمحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلة.
 - المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة أكبر من المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلة.
 - المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة أقل من المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلة.
 - المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلة أقل من المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجة.
- يكونُ التفاعلُ ماصًّا للحرارة عندما:
 - تفقدُ المادةُ الحرارةَ إلى الوسط المحيط.
 - تكتسبُ المادةُ الحرارةَ من الوسط المحيط.
 - عندما تتعادلُ طاقتهُ التفاعل مع الوسط المحيط.
 - عندما يكونُ التغيرُ في المحتوى الحراري سالبًا.
- زيادةُ درجة حرارة 1 g من المادة درجةً واحدةً سلسيوس تشيرُ إلى:
 - التغير في المحتوى الحراريُّ.
 - المحتوى الحراريُّ للمادة.
 - السعة الحرارية.
 - الحرارة النوعية.
- تشيرُ حرارةُ التفاعل الناتج من تكوين مول واحدٍ من المركب من عناصره الأساسية إلى:
 - طاقة الرابطة.
 - حرارة التكوين القياسية.
 - قانون هيس.
 - التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.
- يشيرُ قانونُ هيس إلى أن:
 - حرارة التفاعل تعتمدُ على المسار الذي يسلكه التفاعل.
 - حرارة التفاعل تعتمدُ على الخطوة الرئيسية لتكوين النواتج.
 - حرارة التفاعل تمثلُ مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل.
 - حرارة التفاعل تمثلُ الفرق بين مجموع طاقات الروابط للموادِّ المتفاعلة والموادِّ الناتجة.

ملحق

إجابات أسئلة أوراق العمل

ورقة العمل (1)

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية

الدرس الأول: التفاعلات الكيميائية

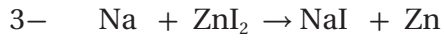
• أوازن المعادلات الكيميائية الآتية؛ مستخدماً طريقة المحاولة والخطأ:



.....



.....



.....

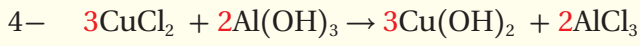
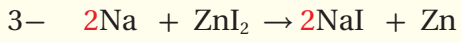
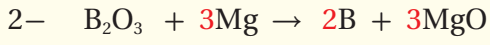
• أكتب معادلة تفاعل نتريد البورون (BN) الصلب مع كمية كافية من غاز الفلور (F_2)؛ لإنتاج غاز النيتروجين (N_2) وثلاثي فلوريد البورون الصلب (BF_3).

.....
.....
.....
.....

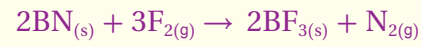
إجابة ورقة العمل (1)

الدرس الأول: التفاعلات الكيميائية

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية



• معادلة تفاعل نتريد البورون (BN) الصلب مع غاز الفلور (F_2)؛ لإنتاج غاز النيتروجين (N_2) وثلاثي فلوريد البورون الصلب (BF_3).



ورقة العمل (2)

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية

الدرس الثاني: التفاعلات الكيميائية

1. أحسب عدد مولات عنصر الألمنيوم Al، الموجودة في 027 g منه العنصر. (الكتلة الذرية 27 g)

.....

.....

.....

2. أحسب كتلة عينة من NaOH تحتوي على 0.4 mol منه. (الكتل الذرية للذرات بوحدة 1 g H = 16 , O = 23 , Na = 16)

.....

.....

.....

3. يتفاعل 9.3 mol من الكربون C مع كمية كافية من أكسيد الحديد Fe_2O_3 (الكتلة المولية للحديد 56 g/mol)

- أكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

- أحسب كتلة الحديد Fe الناتجة.

.....

.....

.....

إجابة ورقة العمل (2)

الدرس الثاني: التفاعلات الكيميائية

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية

1. عدد مولات الألمنيوم = كتلة الألمنيوم / الكتلة المولية للألمنيوم

$$n = m / Mr$$

$$n \text{ Al} = 0.27 \text{ g} / 27 \text{ g/mol} = 0.01 \text{ mol}$$

.3

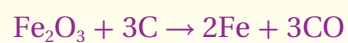
$$Mr = 40 \text{ g/mol}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m \text{ NaOH} = 0.4 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 16 \text{ g}$$

.3

المعادلة الموزونة :



النسبة المولية بين مولات الحديد ومولات الكربون:

$$n \text{ Fe} / n \text{ C} = 2 / 3$$

$$n \text{ Fe} = 2/3 \times 9.3 = 6.2 \text{ mol}$$

$$m \text{ Fe} = n \times Mr$$

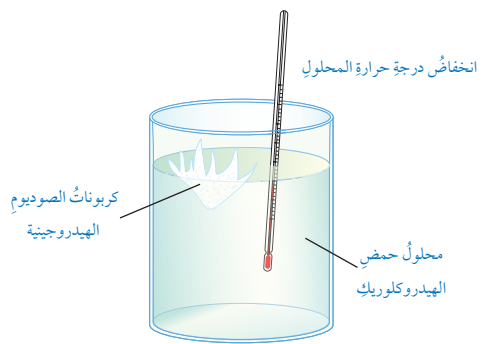
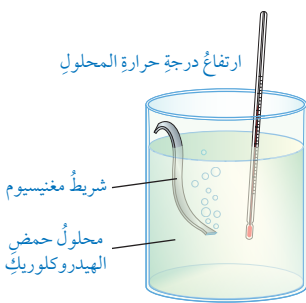
$$= 6.2 \times 56 \text{ g/mol} = 347.2 \text{ g}$$

ورقة العمل (1)

الدرس الأول: الطاقة المرافقة للتفاعل الكيميائي

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

أدرس الشكلين الآتيين ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

<p>(2)</p> 	<p>(1)</p> 
<p>$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>تفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl</p>	<p>$\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$</p> <p>تفاعل المغنيسيوم Mg مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl</p>

1. أحددُ التفاعل الذي يرافقه ارتفاع في درجة حرارة المحلول، وأفسر سبب ذلك؟

.....

.....

2. أحددُ التفاعل الذي يرافقه انخفاض في درجة حرارة المحلول، وأفسر سبب ذلك؟

.....

.....

3. أصنف التفاعلين وفق الطاقة المصاحبة لكل منهما مبرراً اجابتي.

.....

.....

4. أحددُ ما تمثله الحرارة المصاحبة لكل من التفاعلين.

.....

.....

5. أكتب معادلة حرارية لكل تفاعل مبيناً الطاقة المرافقة لكل منهما.

.....

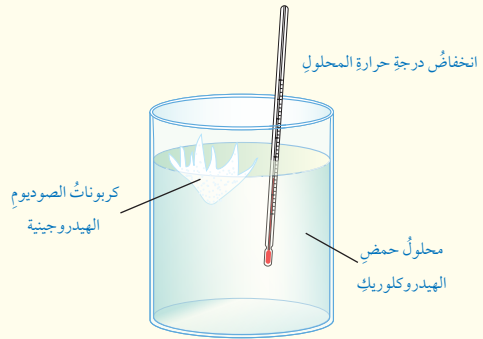
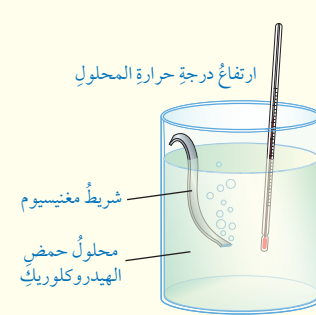
.....

إجابة ورقة العمل (1)

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

الدرس الأول: الطاقة المرافقة للتفاعل الكيميائي

أدرس الشكلين الآتيين ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

<p>(2)</p> 	<p>(1)</p> 
<p>$\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>تفاعل كربونات الصوديوم الهيدروجينية مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl</p>	<p>$\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$</p> <p>تفاعل المغنيسيوم Mg مع محلول حمض الهيدروكلوريك HCl</p>

1. أحددُ التفاعل الذي يرافقه ارتفاع في درجة حرارة المحلول، وأفسر سبب ذلك؟
التفاعل رقم (1)، وسبب ذلك أن التفاعل أدى إلى انطلاق طاقة حرارية سببت رفع درجة حرارة المحلول.
2. أحددُ التفاعل الذي يرافقه انخفاض في درجة حرارة المحلول، وأفسر سبب ذلك؟
التفاعل رقم (2)، وسبب ذلك أن التفاعل امتصَّ الطاقة الحرارية من المحلول مما سبب انخفاض درجة حرارة المحلول.
3. أصنف التفاعلين وفق الطاقة المصاحبة لكل منهما مبرراً اجابتي.
يصنف التفاعل رقم (1) أنه ماصٌّ للطاقة الحرارية، حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.
ويصنف التفاعل رقم (2) أنه طارد للطاقة الحرارية، حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة.
4. أحددُ ما تمثله الحرارة المصاحبة لكل من التفاعلين.
الحرارة المصاحبة للتفاعل سواء الممتصة في التفاعل أم المنبعثة منه تمثل التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.
5. أكتب معادلة حرارية لكل تفاعل مبيناً الطاقة المرافقة لكل منهما.

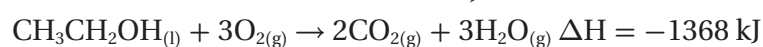


ورقة العمل (2)

الدرس الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

يحترق الإيثانول السائل (CH₃CH₂OH) بوجود الأوكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:



أدرس المعادلة ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1. أحدد عدد الروابط C-H في المركب CH₃CH₂OH.

.....

2. أحدد عدد الروابط O-H في المركب CH₃CH₂OH.

.....

3. أحدد عدد الروابط C=O في المركب CO₂.

.....

4. أحدد عدد الروابط O-H في المركب H₂O.

.....

5. أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH) باستخدام طاقة الروابط.

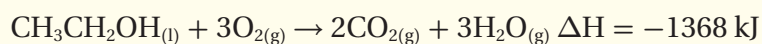
.....

إجابة ورقة العمل (2)

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

الدرس الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

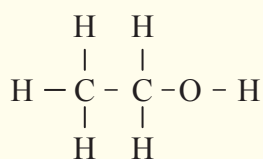
يحترق الإيثانول السائل (CH₃CH₂OH) بوجود الأوكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:



أدرس المعادلة وأستخدم جدول طاقة الروابط المرفق، ثم أجيب عن الأسئلة:

الرابطة	O=O	C=O	C-C	O-H	C-H
طاقة الرابطة (KJ)	498	804	348	463	413

1. أحدد عدد الروابط C-H في المركب CH₃CH₂OH.



5 روابط

2. أحدد عدد الروابط O-H في المركب CH₃CH₂OH.

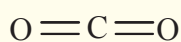
رابطة واحدة

3. أحدد عدد الروابط C=O في المركب CO₂.

رابطة واحدة

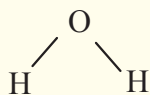
4. أحدد عدد الروابط O-H في المركب H₂O.

رابطتين



5. أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH) باستخدام طاقة الروابط.

رابطتين



6. أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل (ΔH) باستخدام طاقة الروابط.

$$\Delta H = \Sigma BE_{re} - \Sigma BE_{pr}$$

$$\Delta H = (2(\text{C}=\text{O}) + 3(\text{O}-\text{H}) - (5(\text{C}-\text{H}) + (\text{C}-\text{C}) + (\text{O}-\text{H}) + 3(\text{O}=\text{O})))$$

$$(2(804) + 3(463) - (5(413) + (348) + (463) + 3(498)))$$

$$(1608 + 1389) - (2065 + 348 + 463 + 1494)$$

$$2997 - 4370 = -1373 \text{ kJ}$$

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية الوحدة الرابعة:

التجربة الإثرائية:

1. يحترق شريط المغنيسيوم بلهب يظهر على شكل ضوء أبيض ساطع، منتجاً مادة بيضاء اللون.

2. MgO



$$\text{Mg}\% = \frac{6}{40} = 15\% \quad .4$$

ومنها يمكن استنتاج النسبة المئوية لعنصر الأكسجين:

$$\text{O}\% = 100\% - 15\% = 85\%$$

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية

السؤال الأول:

النموذج الأول: تفاعل اتحاد؛ لأنه تنتج عن تفاعل المادتين مادة واحدة.

النموذج الثاني: تفاعل تحلل؛ لأنه يُنتج مادتين من تحلل مادة واحدة.

النموذج الثالث: تفاعل إحلال أحادي؛ لأنه يحل عنصر محل عنصر آخر.

السؤال الثاني:

ينص قانون حفظ الكتلة على أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة؛ وبهذا فإن عدد ذرات المواد المتفاعلة ونوعها يماثل عدد ذرات المواد الناتجة ونوعها. ويلاحظ من المعادلة أنه يتفاعل جزيئان من الهيدروجين (4 ذرات) مع جزيء من الأكسجين (أي مع ذرتين) فينتج جزيئان من الماء يحتوي كل جزيء منهما على ذرة أكسجين، وذرتي هيدروجين. وبهذا فإن عدد الذرات المتفاعلة ونوعها نفسه في المادة الناتجة.

السؤال الثالث:

أ - غاز الأكسجين.

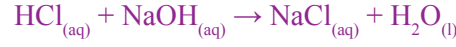
ب- غازا الأكسجين والنيتروجين.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية الوحدة الخامسة:

إجابات أسئلة التجربة الإثرائية:

التحليل والاستنتاج:

1. ينتج الماء ومحلول ملح كلوريد الصوديوم، كما في المعادلة:



2. معادلة التعادل:



أستنتج أن الماء ينتج من تعادل الأيونات الموجودة في المحلول مباشرةً.

3. أحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل.

حساب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل؛ يمكن تطبيق النتائج في العلاقة الآتية:

$$q = m \times s \times \Delta t$$

حيث:

m تساوي كتلة المحلول الناتج (الماء الناتج)، ويمكن اعتبارها تساوي حجم المحلول (100g).

S : تمثل الحرارة النوعية للماء، وتساوي (4.18J/g.C).

Δt : التغير في درجة حرارة المحلول.

4. يمكن إيجاد عدد مولات الحمض؛ بمعرفة حجم الحمض V المستخدم في التجربة، وكذلك معلومية تركيزه M، فإنه يمكن تطبيق العلاقة الآتية:

$$n = M \cdot V$$

5. نلاحظ أن كمية الحرارة المحسوبة تمثل كمية الحرارة الناتجة باستخدام الكميات المستخدمة في التجربة، إلا أن حرارة التفاعل (ΔH) تمثل كمية الحرارة المرافقة لتعادل مولاً من الحمض، ويمكن حسابها باستخدام العلاقة الآتية:

$$\Delta H = \frac{q}{n}$$

6. إن سبب اختلاف القيمة المقيسة عن حرارة التكوين القياسية للماء؛ لأن الماء يتكون من تعادل الأيونات الموجودة في المحلول مباشرة، ولا يدخل في حسابها الطاقة اللازمة.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية

السؤال الأول:

نلاحظ أن طول القضبان الفلزية يشير إلى حرارتها النوعية، وبناءً عليه تكون الإجابات كالآتي:

1. الألمنيوم؛ لأنه كلما زادت الحرارة النوعية زادت كمية الحرارة التي يكتسبها الفلز، وقل الارتفاع في درجة الحرارة.

2. الألمنيوم؛ لأنه أطول القضبان الفلزية المستخدمة.

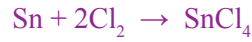
3. الرصاص؛ لأن له أقل حرارة نوعية، مما يشير إلى أنه يكتسب كمية قليلة من الحرارة خلال الفترة الزمنية نفسها، وترتفع درجة حرارته أكثر من غيره من القضبان، إلا أنه يفقد الحرارة بسرعة أكبر من غيره، وتقل درجة حرارته قبل غيره من المواد.

السؤال الثاني:

أ -



ب -



ج -

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -325\text{kJ} + (-186\text{kJ}) = -511 \text{ kJ}$$

أولاً- المراجع العربية:

- خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج2، 2009م.
- صالح محمد، وصابر محمد، و عثمان عثمان، **أسس ومبادئ الكيمياء**، ج2، الدار العربية للنشر، 2000م.
- إبراهيم صادق الخطيب، ومصطفى تركي عبيد، **الكيمياء العامة**، عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع، 2004م.
- جيمس برادي، وجيرارد هيوم ستون، **الكيمياء العامة والمبادئ والبنية**، ج1، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلبي، نيويورك، جون ويلي للنشر، 1992م.
- محمد إسماعيل الدرمللي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة؛ ماهيتها، عناصرها**، دار العلم والإيمان، ودار الجديد للنشر والتوزيع، 2018م.
- محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط (4)، العين، دار الكتاب الجامعي، الإمارات العربية المتحدة، 2012م.
- حسام يوسف صالح، **طرائق واستراتيجيات تدريس العلوم**، بغداد، دار الكتب والوثائق الوطنية، 2016م.
- رعد رزوقي، وفاطمة الأمير، ووفاء نجم، وزينب أحمد، **تدريس العلوم واستراتيجياته**، عمّان، دار المسيرة، 2016م.

ثانياً- المراجع الأجنبية:

- Harper Collins, Collins International GCSE, **Chemistry**, Cambridge UK, 2014.
- Ebbing ,Gammon, **General Chemistry**, 10th Ed, Houghton Mifflin Company, 2011.
- Winter, Mark J, **Chemical Bonding** , Oxford 2004 .
- Stevens Zumdal,**Chemistry**,7th Ed,Boston, NewYork, 2007
- Raymond Change, **Chemistry**, 10th Edition, Singapore,2010.
- Myers, Thomas, Oldham, **Chemistry**, Online Ed, Holt, Rinehart Winston, 2006.
- Brady, Russell, Holum, **Chemistry Matter and its Change**, 3rd Ed, Wiley,2000.
- Brown, A.H., & Green T.D., **The Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice**. Routledge. 2015.

