دليل المُعلِّم

الكيمياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الثاني

10

فريـق التأليـف

موسى عطا الله الطراونـة (رئيسًا)

بـــلال فـــارس محمـــود تيســير عبــد المالــك الصبيحــات

الناشر

المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، ووزارة التربية والتعليم – إدارة المناهج والكتب المدرسية، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الدليل
عن طريق العناوين الآتية: هاتف: 8-5/4617304، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118،
أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الدليـل في مـدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعهـا، بناءً عـلى قرار المجلـس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطوير المناهـج في جلسـته رقـم (/)، تاريـخ / / م، وقـرار مجلـس التربيـة والتعليـم رقـم (/) تاريـخ / / م بـدءًا مـن العـام الـدراسي / م.

© Harper Collins 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: - - - -

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(/ /)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

الكيمياء: كتاب الطالب (الصف العاشر)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- عمان: المركز، 2020

ج1( ) ص.

ر.إ.: / /

الواصفات: / الكيمياء/ / العلوم الطبيعية/ / التعليم الاعدادي/ / المناهج/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف 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 Lecensing 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.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1441 هـ – 2020 م

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحةُ
الوحدة 4:التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ	7
الدرس 1: التفاعلات الكيميائية	10
الدرس 2 : المول والكتلة المولية	20
الدرس 3 : الحسابات الكيميائية	28
الإثراء والتوسع: الوسادة الهوائية	38
مراجعة الوحدة	39
الوحدة 5: الطاقـةُ الكيميائـيةُ	41
الدرس 1: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية	44
الدرس 2 : الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة	54
الدرس 3 : حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية	62
الإثراء والتوسع: الهيدروجين باعتباره وقودًا	76
مراجعة الوحدة	77
ملحق إجابات كتاب الأنشطة والتجارب العملية	81
قائمة المراجع	85

الوحدةُ الرابعة : التفاعلات والحسابات الكيميائية

تجربةٌ استهلاليةٌ: المعادلة الكيميائية			
الدرس	نتاجات التعلم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: التفاعلات الكيميائية	• أعبر عن التغير الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة. • أستكشف أنواع التفاعلات الكيميائية، وأميز بينها.	○ تفاعل الاتحاد. ○ تفاعل التحلل. ○ تفاعل الإحلال الأحادي.	3
الثاني: المول والكتلة المولية	• 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.		2
الثالثُ: الحسابات الكيميائية	• أحسب النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب. • أحدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب. • أحسب عدد مولات مركب وكتلته المتفاعلة أو الناتجة. • أحسب المردود المئوي للتفاعل.		4

النتاجات السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الرابعة – التفاعلات والحسابات الكيميائية

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• أوظف التفاعلات الكيميائية، مثل تفاعلات الفلزات، مع الأكسجين والماء، وتفاعلات اللافلزات مع الأكسجين.	الثامن		
• أتعرف تفاعلات الاستبدال. • أستقصي تفاعلات الفلزات مع الماء والأكسجين وحمض الهيدروكلوريك. • أستنتج سلسلة النشاط الكيميائي.	التاسع	• أستقصي أنواع التفاعلات الكيميائية.	الحادي عشر

التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ

Reactions and Stoichiometry

أتأمَّل الصورة

- وجِّه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم اسألهم:
  - ماذا ينتج عن تفاعل العناصر أو المركبات؟
- تقبل منهم الإجابات، ولا تستبعد أيًّا منها.

من الإجابات المحتملة: تكوُّن مركبات جديدة، تكوُّن مواد جديدة.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - كيف نعبر عن التفاعل الكيميائي؟
- استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقشهم للتوصل معهم إلى التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية موزونة تبين رموز المواد المتفاعلة والناتجة وصيغها، وكمياتها، وشروط حدوث التفاعل من: حرارة وضغط وغيرهما.
- بيِّن للطلبة أن عمل قالب الحلوى أو العصائر يحتاج إلى أوزان محددة من المواد كالسكر والماء وغيرهما. وهكذا الصناعات الكيميائية مثل: صناعات الأدوية والأسمدة تعتمد على حساب كميات محددة من المواد المتفاعلة؛ لإنتاج مواد جديدة حسب المواصفات المرغوبة.

الوحدةُ 4

التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ

Reactions and Stoichiometry

أتأمَّلُ الصورةَ

تُنتَجُ الموادُّ الكيميائيةُ المختلفةُ منْ تفاعلِ العناصرِ والمركباتِ، فما التفاعلُ الكيميائيُّ؟ وكيفَ نعبِّرُ عنهُ؟ وكيفَ نحسبُ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؟

7

الفكرة العامة:

- اقرأ الفكرة العامة للوحدة للطلبة، واكتبها على السبورة، ثم مهِّد للوحدة بالحديث عن مفهوم المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، واذكر لهم أن المتفاعلات تكتب يسار السهم في المعادلة الكيميائية، في حين تكتب النواتج يمين السهم. وأنه يُعبَّر عن كل من المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة بصيغ كيميائية للمركبات، ورموز للعناصر.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر: صوديوم، مغنيسيوم، المنيوم، كلور، نيتروجين، أكسجين، كبريت؟

– ما الصيغة الكيميائية لكل من: نترات البوتاسيوم، كبريتات الكالسيوم، هيدروكسيد الصوديوم، الأمونيا، حمض الهيدروكلوريك؟

– تقبل إجابات الطلبة، وصحح الخطأ منها.

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

مشروع الوحدة:

- وزع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى كل مجموعة تصميم نموذج لأحد التفاعلات الكيميائية؛ مبينًا فيه المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وحالاتها الفيزيائية، والشروط اللازمة لحدوث التفاعل. واترك لهم حرية اختيار الطريقة المناسبة للتصميم مثل: مجسم كرتوني، أو برمجية إلكترونية.
- بيِّن للطلبة إلى أن تقييم العمل سيعتمد على دقة المعلومات، وجاذبية التصميم.

الفكرةُ العامةُ:

تعبِّرُ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ عنِ التفاعلِ الكيميائيِّ، وتعدُّ الأساسَ في حسابِ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ.

الدرسُ الأولُ: التفاعلاتُ الكيميائيةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: يُعبَّرُ عنِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ بمعادلاتٍ موزونةٍ تبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ ونِسَبَ كمياتِها وحالاتِها الفيزيائيةَ.

الدرسُ الثاني: المولُ والكتلةُ المولية

الفكرةُ الرئيسةُ: يرتبطُ مفهومُ المولِ في الكتلةِ المولية وكتلةِ الصيغةِ والكتلةِ الذريةِ.

الدرسُ الثالثُ: الحساباتُ الكيميائيةُ

الفكرةُ الرئيسةُ: يمكنُ حسابُ نسبِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ وكمياتِها في التفاعلاتِ المختلفةِ بالاعتمادِ على المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ.

تجربةٌ استهلاليةٌ

المعادلةُ الكيميائيةُ

المـوادُّ والأدواتُ: محلـولُ نتـراتِ الرصـاصِ (II) $Pb(NO_3)_2$، محلـولُ يوديـدِ البوتاسـيومِ KI، ميـزانٌ حسـاسٌ، مخبـارٌ مـدرجٌ، كأسـانِ زجاجيتـانِ سـعةُ كلٍّ منهـا 100 ml.

إرشاداتُ السلامةِ: أحذرُ عندَ التعاملِ معَ الأدواتِ الزجاجيةِ والموادِّ الكيميائيةِ، وأرتدي القفازاتِ والنظاراتِ الواقيةَ، ومعطفَ المختبرِ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ كأسيْنِ زجاجيتيْنِ على الميزانِ الحساسِ، وأضبطهُ للحصولِ على قراءةِ مؤشرِ صفرٍ.
2. **أقيسُ:** أضعُ (10 ml) منْ محلولِ يوديدِ البوتاسيومِ في إحدى الكأسيْنِ، وأضعُ (10 ml) منْ محلولِ نتراتِ الرصاصِ في الكأسِ الأخرى. ثمَّ أسجلُ قراءةَ الميزانِ.
3. **ألاحظُ:** أضيفُ محتوياتِ الكأسِ الأولى إلى الكأسِ الثانيةِ، وأُبقي الكأسيْنِ على الميزانِ. ماذا يحصلُ؟ أسجلُ قراءةَ الميزانِ.
4. أنظفُ مكانَ عملي وأغسلُ يديَّ جيدًا بعدَ الانتهاءِ منَ العملِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أقارنُ** التغيرَ في قراءةِ الميزانِ قبلَ خلطِ المادتيْنِ وبعدَها.

2- **ألاحظُ:** ما الذي أرشدَني إلى حدوثِ التفاعلِ؟

3- أعبرُ عنِ التفاعلِ الحاصلِ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ متضمنًا الحالةَ الفيزيائيةَ للموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ.

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

الرقم	معيار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيدجدا (3)	ممتاز (4)
1	يقيس كميات المواد بدقة				
2	يسجل قراءة الميزان قبل الخلط وبعده بدقة				
3	يصف النتائج بصورة علمية				
4	يكتب معادلة موزونة للتفاعل				

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية:** الأمن والسلامة.

وجِّه الطلبة إلى أنه من أساسيات العمل المخبري مراعاة الأمن والسلامة في التعامل مع المواد الكيميائية والأدوات، وأن الكثير من المهام التي يؤديها في حياته أو الأجهزة والأدوات التي يستعملها تتطلب إجراءات سلامة يجب التقيد بها؛ حتى لا تتعرض حياته للخطر.

تجربة استهلالية

الهدف: كتابة المعادلة الكيميائية

زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

الإجراءات والتوجيهات:

- جهز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة (2) وجِّه انتباه الطلبة إلى استعمال المخبار المدرج؛ لقياس الكميات المحددة من محلول بروميد البوتاسيوم ومحلول نترات الرصاص.
- في الخطوة(3) اطلب إلى الطلبة إضافة محتويات الكأس الاولى ببطء إلى الكأس الثانية مع التحريك، وملاحظة التغيرات التي تطرأ.
- تجوَّل بين الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأَدِرْ 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. تكوُّن راسب.
3. $Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$

الدرس 1

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن تمثيل التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات كيميائية موزونة.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– لماذا يتم التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية؟

نظم جلسة عصف ذهني، وتقبل إجابات الطلبة.

من الإجابات المحتملة: تسهيل دراسة التفاعلات، تصنيف التفاعلات، معرفة المواد المتفاعلة والناتجة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

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

2 التدريس

نشاط سريع التغير الفيزيائي.

- أحضر قطعة من الجليد وضعها في جفنة، ثم عرِّضها للتسخين، ثم ناقش الطلبة في عملية التحول الحاصل (جليد– ماء– بخار) والعكس، وبيِّن لهم أن هذا يسمى تغيرًا فيزيائيًّا، حيث يتغير شكل الماء ومظهره الخارجي ولا يتغير تركيبه الكيميائي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(1)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- ما المواد المتفاعلة للتفاعل الذي تشاهده في الصورة؟ ما المادة البيضاء الناتجة؟ كيف تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة؟ (اشتعال شريط مغنيسيوم ، شريط مغنيسيوم وأكسجين)، (المادة الناتجة مركب أكسيد المغنيسيوم، ويظهر على شكل رماد أبيض اللون، في حين أن المادة المتفاعلة هي عنصر المغنيسيوم، وهو فلز له لمعان).

الفكرةُ الرئيسةُ :
يعبِّرُ عنِ التفاعلاتِ الكيميائيةِ المختلفةِ بمعادلاتٍ موزونةٍ تبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ وكمياتِها وحالاتِها الفيزيائيةَ.

نتاجاتُ التعلمِ :
- أعبرُ عنِ التغيرِ الكيميائيِّ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ .
- أستكشفُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وأميزُ بينَها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :
تفاعلٌ كيميائيٌّ Chemical Reaction
تغيرٌ كيميائيٌّ Chemical Change
قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass
تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction
تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction
تفاعلُ التحللِ(التفككِ)الحراريِّ Thermal Decomposition Reaction
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

التغيرُ الكيميائيُّ Chemical Exchange

تطرأُ عادةً على المادةِ تغيراتٌ؛ فيزيائيةٌ أوكيميائيةٌ. تؤثرُ التغيراتُ الفيزيائيةُ في الخواصِّ الفيزيائيةِ للمادةِ كحالةِ المادةِ (صلبةً كانتْ، أوْ سائلةً، أوْ غازيةً) وشكلِها وحجمِها، ولا ينتجُ عنها تغيُّرٌ في تركيبِ المادةِ نفسِها؛ فمثلًا عندَ تجمدِ الماءِ تتغيرُ حالتهُ منَ الحالةِ السائلةِ إلى الصلبةِ، ولكنَّهُ يبقى ماءً.

أما التغيراتُ الكيميائيةُ فينتجُ عنْها موادٌّ جديدةٌ تختلفُ في خصائصِها عنْ خصائصِ الموادِّ الأصليةِ. فعندَما يحترقُ عنصرُ المغنيسيومِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ ينتجُ رمادٌ أبيضُ اللونِ يُسمّى أكسيدَ المغنيسيومِ MgO يختلفُ في خصائصهِ عنْ خصائصِ كلٍّ منْ العنصرَيْنِ: المغنيسيومِ والأكسجينِ اللذيْنِ يتكونُ منهُما، أنظرُ الشكلَ (1).

الشكلُ (1) احتراقُ فلزِّ المغنيسيومِ؛ لإنتاجِ مركبِ أكسيدِ المغنيسيومِ.

الشكلُ (2). تفاعلُ عنصرَيِ الصوديومِ والكلورِ لإنتاجِ مركبِ كلوريدِ الصوديوم

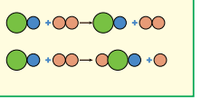
يمتازُ الصوديومُ بأنَّهُ فلزٌّ يتفاعلُ بشدةٍ معَ الماءِ، أما الكلورُ فغازٌ سامٌّ لونهُ أصفرُ مخضرٌّ، وينتجُ عنْ تفاعلِهما مركبُ كلوريدِ الصوديومِ (ملحُ الطعامِ) الأبيضُ، الذي يحتاجُ الجسمُ إليهِ، أنظرُ الشكلَ(2).

تُسمى العمليةُ التي تحدثُ فيها تغيراتٌ كيميائيةٌ: التفاعلَ الكيميائيَّ Chemical Reaction. فما التفاعلُ الكيميائيُّ؟ وكيفَ نعبرُ عنهُ بمعادلةٍ كيميائيةٍ؟ وما أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

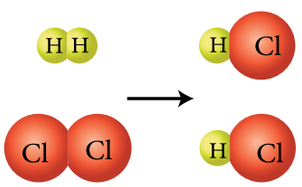
يتفاعلُ غازُ الهيدروجينِ H_2 معَ غازِ الكلورِ Cl_2 لإنتاجِ غازِ كلوريدِ الهيدروجينِ HCl كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (3)؛ حيثُ تتكسرُ الروابطُ بينَ ذراتِ كلٍّ منْ H_2، وذراتِ Cl_2، وتتكونُ روابطُ كيميائيةٌ جديدةٌ بينَ ذراتِ H وذراتِ Cl منتجةً جزيئاتِ HCl .

وتختلفُ صفاتُ كلوريدِ الهيدروجينِ الناتجِ عنْ صفاتِ كلٍّ منْ عنصرَيِ الهيدروجينِ والكلورِ المكونيْنِ لهُ. ويُعرَّفُ التفاعلُ الكيميائيُّ Chemical Reaction بأنَّهُ عمليةٌ يحدثُ فيها تكسيرُ الروابطِ بينَ ذراتِ عناصرِ الموادِّ المتفاعلةِ، وتكوينُ روابطَ جديدةٍ بينَ ذراتِ عناصرِ الموادِّ الناتجةِ، وكذلكَ إعادةُ ترتيبٍ للذراتِ دونَ المساسِ بنوعِها وعددِها، وتختلفُ الصفاتُ الفيزيائيةُ والكيميائيةُ للموادِّ الناتجةِ عنْها للموادِّ المتفاعلةِ.

أفكّرُ: أيُّ الشكلينِ الآتيينِ يمثلُ تفاعلاً كيميائيًّا؟ أفسّرُ إجابتي.



أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ (Scratch) عرضًا يوضحُ كيفَ يتفاعلُ جزيءٌ منَ الهيدروجينِ معَ جزيءٍ منَ الكلورِ؛ لإنتاجِ جزيئينِ منْ كلوريدِ الهيدروجينِ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.



الشكلُ (3): تفاعلُ جزيئاتِ H_2 معَ الكلورِ Cl_2 لإنتاجِ جزيئاتِ HCl.

أتوقعُ: ما نوعُ الرابطةِ الكيميائيةِ بينَ ذراتِ H-H , Cl-Cl , H-Cl؟

إجابة سؤال الشكل (3):

جميعها روابط تساهمية.

التدريس المدمج: تفاعل الهيدروجين مع الكلور

وجِّه الطلبة إلى استخدام برنامج السكراتش (Scratch)؛ لتصميم عرض عن تفاعل الهيدروجين مع الكلور، ثم عرضه على الزملاء.

بناء المفهوم:

التغير الكيميائي والتغير الفيزيائي.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الفرق بين التغير الفيزيائي والكيميائي؟

التغير الفيزيائي لا يغير في تركيب المادة، أما التغير الكيميائي فيغير في تركيب المادة.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(2)، ثم ناقشهم في التغير الكيميائي الحاصل؛ إذ إن صفات الصوديوم (فلز فضي اللون نشيط كيميائيًّا)، وصفات الكلور (غاز أصفر مخضر اللون، نشيط كيميائيًّا)، والناتج كلوريد الصوديوم (ملح الطعام: بلورات بيضاء اللون).
- وجه الطلبة إلى دراسة الشكل(3)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد ذرات كل من H و Cl في المواد المتفاعلة والناتجة؟

– صف التغير الحاصل في ترتيب الذرات.

– ما الروابط التي تكسرت والروابط التي تكونت؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى:

ذرتي H وذرتي Cl في كل من المواد المتفاعلة والناتجة.

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.

الروابط التي تكسرت H-H و Cl-Cl، والروابط التي تكونت H-Cl.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالتفاعل الكيميائي؟

استمع لإجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الكلمات المفتاحية للإجابة الصحيحة: تكسير روابط ، تكوين روابط ، ترتيب ذرات، عدد الذرات ونوعها لم يتغير، إنتاج مواد جديدة ، صفات فيزيائية وكيميائية جديدة.

أفكّرُ

الشكل الثاني؛ لأنه حدث تغير في ترتيب الكرات؛ مما يشير إلى تكسُّر روابط وتكوُّن أخرى.

◄ بناء المفهوم:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية الموزونة؟

- نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة ودوِّن إجاباتهم على السبورة، ثم ناقشهم فيها للتوصل إلى الإجابات الآتية:

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

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(5)، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما العلاقة بين أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة وأنواع كل منها، وكيف نعبر عنها بمعادلة كيميائية موزونة؟

استمع لإجابات الطلبة، ووضح لهم أن أعداد الذرات المتفاعلة وأنواعها هي نفسها أعداد الذرات الناتجة وأنواعها. وأنه يمكن التعبير عن الشكل بالمعادلة الموزونة الآتية:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

◄ تعزيز:

- راجع الطلبة في التجربة الاستهلالية، وناقشهم في دلالة ثبات قراءة الميزان قبل خلط المادتين وبعد خلطهما؛ لاستنتاج قانون حفظ الكتلة، (كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة).

الشكلُ (4): قانونُ حفظِ الكتلةِ.

المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ Balanced Chemical Equation

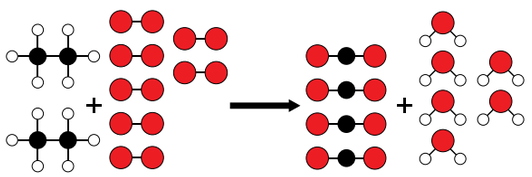
يمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ الكيميائيِّ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ Balanced Chemical Equation وهيَ تعبيرٌ بالرموزِ والصيغِ يبينُ الموادَّ المتفاعلةَ والناتجةَ، ونسبَ تفاعلِها، وحالاتِها الفيزيائيةَ، والظروفَ التي يُجرى فيها التفاعلُ بما يحققُ قانونَ حفظِ الكتلةِ.

ينصُّ قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass على أنَّ المادةَ لا تفنى ولا تُستحدثُ منَ العدمِ؛ وبهذا فإنَّ مجموعَ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ يساوي مجموعَ كتلِ الموادِّ الناتجةِ، أنظرُ الشكلَ (4)؛ ما يشيرُ الى أنَّ عددَ ذراتِ كلِّ عنصرٍ ونوعَها في الموادِّ المتفاعلةِ يماثلُ عددَ ذراتِهِ ونوعَها في الموادِّ الناتجةِ، وهذا يفسرُ قانونَ حفظِ الكتلةِ. ويبينُ الشكلُ (5) تمثيلًا مبسطًا لاحتراقِ غازِ الإيثانِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ وبخارِ الماءِ:

ويصفُ الكيميائيونَ هذا التفاعلَ بالمعادلةِ الرمزيةِ الموزونةِ كما يأتي:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

ولكتابةِ المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ لتفاعلٍ ما، ينبغي أولاً: كتابةُ معادلةٍ كيميائيةٍ لفظيةٍ تصفُ التفاعلَ، وبعدَها تُحوَّلُ الكلماتُ إلى رموزٍ وصيغٍ كيميائيةٍ؛ لتصبحَ معادلةً رمزيةً، وتتضمنُ الحالةَ الفيزيائيةَ لكلِّ مادةٍ . أخيرًا تجري موازنةُ المعادلةِ بجعلِ عددِ ذراتِ عناصرِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ التي منَ النوعِ نفسهِ متساويةً على طرفَيْ المعادلةِ.



الشكلُ (5): تمثيلٌ مبسطٌ لاحتراقِ غازِ الإيثانِ بوجودِ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ وبخارِ الماءِ.

أفسرُ: كيفَ تغيرَ ترتيبُ ذراتِ العناصرِ بالنسبةِ إلى بعضِها؟

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما خطوات كتابة معادلة كيميائية موزونة؟

تقبل إجابات الطلبة، ثم ناقشهم للتوصل إلى: كتابة المعادلة اللفظية (بالكلمات)، ثم تُحوَّل إلى معادلة رمزية (رموز وصيغ) تتضمن الحالة الفيزيائية لكل مادة ، ثم موازنة المعادلة بجعل عدد ذرات عناصر المواد المتفاعلة والناتجة التي من النوع نفسه متساوية على طرفي المعادلة.

المثالُ 1

أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ غازِ الهيدروجينِ معَ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ الماءِ السائلِ.

الحلُّ:

• كتابةُ المعادلةِ بالرموزِ والصيغِ: $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$

• موازنةُ المعادلةِ: أحددُ عددَ ذراتِ كلِّ نوعٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجة.

	H	O
عددُ الذراتِ المتفاعلةِ	2	2
عددُ الذراتِ الناتجةِ	2	1

نلاحظُ أنَّ عددَ ذراتِ H المتفاعلةِ يساوي عددَها في المادةِ الناتجةِ، في حينِ يختلفُ عددُ ذراتِ O المتفاعلةِ عنِ الناتجةِ. ولمساواةِ عددِ ذراتِ O في طرفَيْ المعادلةِ أستخدمُ طريقةَ المحاولةِ والخطأِ، وفي هـذا التفاعلِ إذا وُضعَ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O كما يأتي: $2H_2O$ يصبحُ عددُ ذراتِ O متساويًا في طرفَيْ المعادلةِ.

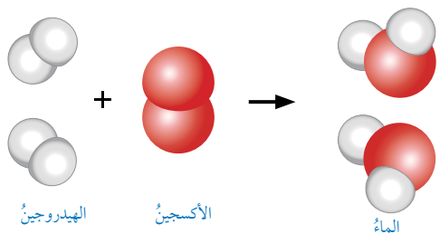
	H	O
عددُ الذراتِ المتفاعلةِ	2	2
عددُ الذراتِ الناتجةِ	4	2

ونتيجةً لذلكَ سوفَ يختلفُ عددُ ذراتِ H، ولمساواةِ عددِها يوضعُ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2 في الموادِّ المتفاعلةِ؛ فيصبحُ عددُ ذراتِها في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ متساويًا، وهوَ 4.

وبذلكَ تصبحُ المعادلةُ موزونةً، وتُكتَبُ متضمِّنةً الحالةَ الفيزيائيةَ للموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، كالآتي:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

وعندَ موازنةِ المعادلةِ الكيميائيةِ يجبُ المحافظةُ على الصيغةِ الكيميائيةِ للمادةِ حتى لا يتناقضَ ذلكَ معَ قانونِ حفظِ الكتلةِ؛ لذلكَ يوضعُ الرقمُ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O أيْ: $2H_2O$، وهذا يعني جزيئيْنِ منَ الماءِ، أمّا لوْ جرتِ الموازنةُ بوضعِ الرقمِ 2 يمينَ الصيغةِ، أيْ، H_2O2 فهذا سوفَ يُنتجُ مركبًا جديدًا هوَ H_2O_2 الذي يختلفُ في الخواصِّ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ عنْ H_2O برغمِ أنَّ عددَ ذراتِ H و O متساوٍ في طرفَيْ المعادلةِ الكيميائيةِ، أنظرُ الشكلَ (6).



الشكلُ (6): نموذجُ تفاعلِ الأوكسجينِ معَ الهيدروجينِ لإنتاجِ الماءِ.

المناقشة:

- وضِّح للطلبة مبدأ طريقة المحاولة والخطأ في موازنة المعادلة الكيميائية، وهي تعتمد على تجريب أبسط الأرقام لمساواة أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة.
- بيِّن للطلبة أنه يجب المحافظة على الصيغة الكيميائية الصحيحة؛ وذلك بأن يوضع معامل الموازنة يسار الصيغة وليس يمينها، وناقشهم في اختلاف $2H_2O$ عن H_2O2 رغم أن عدد ذرات H و O متساو.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(6)، ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الذرات المتفاعلة؟ والناتجة؟ وما أنواع كل منهما؟

استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقشهم فيها للتوصل إلى أن عدد الذرات يبقى نفسه، وكذلك أنواعها.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (1). ثم وجههم إلى حل المثال:

أزن المعادلة الآتية:

$$Al_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow AlCl_{3(s)}$$

الحل:

$$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$$

طريقة أُخرى للتدريس

- اطلب إلى الطلبة ملاحظة الرسم الملون المبسط للتفاعل، وناقشهم في عدد كل لون على طرفي المعادلة؛ حيث يرمز كل لون مثلًا إلى نوع من الذرات.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (2). ثم وجههم إلى حل المثال:

أزن المعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow NH_{3(g)}$$

الحل:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

المثالُ 2

أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً لتفاعلِ غازِ الميثانِ CH_4 معَ غازِ الأكسجينِ O_2 لإنتاجِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 وبخارِ الماءِ.

الحلُّ:

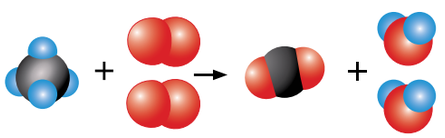
• كتابةُ المعادلةِ بالرموزِ والصيغِ: $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

• موازنةُ المعادلةِ: أحددُ عددَ ذراتِ كلِّ نوعٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، وأوازنُها:

الموادُّ الناتجةُ	الموادُّ المتفاعلةُ	
$CO_2 + H_2O$	$CH_4 + O_2$	الموادُّ المتفاعلةُ والناتجةُ
1C , 2H , 3O	1C , 4H , 2O	أعُدُّ ذراتِ كلِّ عنصرٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ
$CO_2 + 2H_2O$	$CH_4 + O_2$	أزيدُ عددَ ذراتِ H الناتجةِ أضعُ الرقمَ 2 أمامَ الصيغةِ H_2O
1C , 4H , 4O	1C , 4H , 2O	أعُدُّ الذراتِ المتفاعلةَ والناتجةَ مرةً أخرى
$CO_2 + 2H_2O$	$CH_4 + 2O_2$	أزيدُ عددَ ذراتِ O المتفاعلةِ أضعُ الرقمَ 2 أمامَ الصيغةِ O_2
1C , 4H , 4O	1C , 4H , 4O	أتأكدُ منْ عددِ الذراتِ المتفاعلةِ والناتجةِ في المعادلةِ

تلاحظُ أنَّ المعادلةَ موزونةٌ وتُكتَبُ على النحوِ الآتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$



أفكِّرُ كيفَ يتحققُ قانونُ حفظِ الكتلةِ في تفاعلِ المثالِ السابقِ؟

أتحقَّقُ: أزنُ المعادلةَ الكيميائيةَ الآتيةَ:

$$Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

أفكِّرُ

عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها نفسه في المواد الناتجة.

أتحقَّقُ:

$$2Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ:

1- تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction

تفاعلُ الاحتراقِ combustion reaction هوَ تفاعلُ مادةٍ ما (عنصرٍ أوْ مركبٍ) معَ غازِ الأكسجينِ ويصاحبُ التفاعلَ بشكلٍ عامٍّ انطلاقُ طاقةٍ في صورةِ حرارةٍ أوْ ضوءٍ. فمثلاً احتراقُ قطعةٍ منَ الفحمِ (الكربونِ) بوجودِ غازِ الأكسجينِ يؤدي إلى انطلاقِ حرارةٍ Heat، أنظرُ الشكلَ(7)، حيثُ يمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat$$

والأمثلةُ على تفاعلاتِ الاحتراقِ كثيرةٌ؛ كاحتراقِ الخشبِ واحتراقِ أنواعِ الوقودِ المختلفةِ. وتفيدُنا الحرارةُ الناتجةُ في التدفئةِ وتحريكِ وسائلِ المواصلاتِ وطهيِ الطعامِ وغيرِها. بالإضافةِ إلى أنَّ احتراقَ الغذاءِ في الجسمِ يزودهُ بالطاقةِ اللازمةِ لأداءِ وظائفهِ الحيويةِ المتنوعةِ. وعادةً عندَ احتراقِ المركباتِ التي تتكونُ منَ الهيدروجينِ والكربونِ (الهيدروكربوناتِ) فإنَّهُ يُنتجُ غازُ ثاني أكسيدِ الكربونِ، وبخارُ الماءِ، فضلًا عنِ انطلاقِ حرارةٍ، كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$2C_5H_{10(g)} + 15O_{2(g)} \rightarrow 10CO_{2(g)} + 10H_2O_{(g)} + Heat$$

2- تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction

تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction: هو تفاعلُ مادتيْنِ أوْ أكثرَ (عناصرَ أوْ مركباتٍ) ليُنتجَ مركبًا واحدًا جديدًا. فمثلًا يتفاعلُ عنصرُ النحاسِ معَ عنصرِ الكبريتِ ليُنتجَا مركبَ كبريتيدِ النحاسِ (II)، ويُعبَّرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$Cu_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CuS_{(s)}$$

حيثُ يشيرُ الرمزُ (Δ) إلى التسخينِ (حرارة).

الشكلُ (7): تفاعلُ احتراقِ قطعِ منَ الفحمِ.

أفكّرُ: عندَ حرقِ (100 g) منَ الفحمِ في كميةٍ معلومةٍ منْ غازِ الأكسجينِ حرقًا تامًّا، فإنَّ كميةَ الناتجِ تكونُ أقلَّ منَ المتوقعِ.

أعملُ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، يوضحُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ:(وهيَ الاحتراقُ، التحللُ، الاتحادُ، الإحلالُ البسيطُ)، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفلمُ على مفهومِ كلٍّ منها، ومعادلةِ التفاعلِ، وعلى وصورٍ لأمثلةٍ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

التدريس المدمج: أنواع التفاعلات الكيميائية

وجِّه الطلبة لاستخدام برنامج صانع الأفلام؛ لتمثيل أنواع التفاعلات الكيميائية، وإعطاء أمثلة عليها، واطلب إليهم تبادل مقاطع الأفلام مع بعضهم.

إضاءة للمُعلِّم

يعد تفاعل الاحتراق تفاعل أكسدة. ولكن ليس كل تفاعل أكسدة تفاعل احتراق؛ فمثلاً 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؛ فمثلا عند احتراق الكربون احتراقا تاما بوجود كمية وافرة من الأكسجين يكون الاحتراق تامًّا فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وعند نقص كمية الأكسجين يكون الاحتراق غير تام فينتج سناج الكربون وغاز أول اكسيد الكربون، إضافة إلى النواتج السابقة.

المناقشة:

- راجع الطلبة في ما تعلموه سابقا عن التفاعلات الكيميائية، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعلات الاحتراق؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الاحتراق وهو:

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

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف نعبر عن احتراق الفحم بمعادلة كيميائية؟

من الإجابات المحتملة: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + Heat$ فحم

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– عبر بمعادلة عامة عن تفاعل احتراق الهيدروكربونات.

وجه الطلبة الى الاجابة:

$O_2 +$ الهيدروكربونات $\rightarrow CO_2 + H_2O + Heat$

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما فائدة الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؟

نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وتقبل منهم الإجابات، ومنها: (تحريك وسائل المواصلات المتنوعة، التدفئة، طهي الطعام، القدرة على أداء الأعمال، صهر الفلزات، تسخين المياه، توليد الكهرباء،.....).

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة لدراسة الشكل(7)، ثم اطرح عليهم السؤال:

– ما نوع التفاعل الذي تشاهده في الشكل؟ وما شكل الطاقة المصاحبة للتفاعل؟ (تفاعل احتراق ويصاحبه طاقة حرارية).

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الاتحاد؟ أعط مثالًا عليه.

- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الاتحاد وهو: تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لينتج مركبًا واحدًا جديدًا. ومثال ذلك:

$$Cu(s) + S(s) \xrightarrow{\Delta} CuS(s)$$

أفكّرُ:

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

بناء المفهوم:

تفاعل الاتحاد

- صمم نموذجًا لتفاعل الاتحاد باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:
  – ما عدد المواد المتفاعلة و المواد الناتجة؟
- وجِّه الطلبة إلى أنه تنتج مادة واحدة جديدة من تفاعل مادتين. وأعط مثالاً على ذلك: معادلة تفاعل CO_2 مع MgO باعتباره تطبيقًا على تفاعل الاتحاد.

الربط بالحياة

- وضِّح للطلبة تغيُّر لون أوراق الشجر الخضراء إلى اللونين الأصفر والبرتقالي خلال فصل الخريف، وأن ذلك يعتمد على تفاعل يسمى التحلل.

نشاط سريع

- ضع ملعقة من كبريتات النحاس الزرقاء في أنبوب أختبار، ثم سخنه بمصدر لهب إلى أن يختفي اللون الأزرق، ثم ناقش الطلبة في التغير اللوني الحاصل (اختفاء اللون الأزرق)، وأن هذا التحول ناتج عن التسخين، واربط ذلك بمفهوم تفاعل التحلل الحراري وهو: تحلل مركب واحد بالحرارة منتجًا مادتين أو أكثر، وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات.

التجربة 1

تفاعل الاتحاد

الهدف: تفاعل الاتحاد

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

زمن التنفيذ 4 دقائق.

ارشادات الأمن والسلامة:

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

الإجراءات والتوجيهات:

- في الخطوة(1) وجِّه الطلبة إلى استعمال معلقة نظيفة وورقة؛ لقياس كتلة برادة الحديد، وكذلك الحال لقياس كتلة الكبريت.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج نوع التفاعل الحاصل ونواتجه.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير لون برادة الحديد والكبريت ونتج مادة واحدة منهما ذات لون أسود تقريبًا.
2. $Fe(s) + S(s) \xrightarrow{\Delta} FeS(s)$

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

الرقم	معيار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيدجدا (3)	ممتاز (4)
1	يجري خطوات التجربة بتسلسل				
2	يصف النتائج بصورة علمية				
3	يكتب معادلة موزونة للتفاعل				

التجربة 1

تفاعلُ الاتحادِ

الموادُ والأدواتُ: برادةُ الحديدِ Fe، مسحوقُ الكبريتِ S، جفنةُ تسخينٍ، لهبُ بنسن، ملعقةٌ، ميزانٌ حساسٌ، منصبٌ ثلاثيٌّ، مغناطيسٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- أحذرُ عندَ التعاملِ معَ اللهبِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. **أزنُ** 6g منْ برادةِ الحديدِ و 3g منَ الكبريتِ وأخلطُهما معًا في جفنةِ التسخينِ.
2. **ألاحظُ:** أقرِّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ الخليطِ، وألاحظُ: أيُّ المادتينِ تنجذبُ إليهِ؟
3. **ألاحظُ:** أضعُ المادتينِ مرةً أخرى في الجفنةِ، وأخلطُهما خلطًا جيدًا، وأسخنُ الجفنةَ على اللهبِ أربعَ دقائقَ، ثمَّ أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ، وألاحظُ التغيرَ الحاصلَ.
4. **ألاحظُ:** أقرِّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ المادةِ الموجودةِ في الجفنةِ، وألاحظُ: هلْ تنجذبُ إليهِ؟
5. **ألاحظُ:** وأسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أصفُ** التغيرَ الذي حدثَ لكلٍّ منَ الحديدِ والكبريتِ بعدَ تسخينِ مخلوطِهما.

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

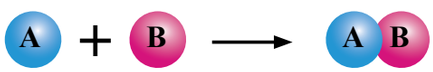
الربطُ معَ الأحياءِ

تحتوي أوراقُ كثيرٍ منَ الأشجارِ على اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرِ، ويغطيهما لونُ الكلوروفيلِ الأخضرُ، وفي فصلِ الخريفِ تتغيرُ ألوانُ أوراقِ الشجرِ؛ نتيجةَ تفاعلٍ كيميائيٍّ يتكسرُ فيهِ الكلوروفيلُ بمعدلٍ أكبرَ منْ إنتاجِهِ؛ مما يسببُ ظهورَ اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرِ على الأوراقِ.

ومنَ الأمثلةِ أيضًا تفاعلُ أكسيدُ المغنيسيومِ، معَ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ؛ لإنتاجِ كربوناتِ المغنيسيومِ كما هوَ موضحٌ في المعادلةِ الآتيةِ:

$$MgO_{(s)} + CO_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} MgCO_{3(s)}$$

وعادةً يمكنُ تمثيلُ تفاعلاتِ الاتحادِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



3- تفاعلُ التحللِ (التفككِ) الحراريِّ

Thermal Decompostion Reaction

تفاعلُ التحللِ (التفككِ) الحراريِّ Thermal Decompostion Reaction هوَ تحللُ مركبٍ واحدٍ بالحرارةِ منتجًا مادتينِ أوْ أكثرَ وقدْ تكونُ النواتجُ عناصرَ أوْ مركباتٍ. فمثلاً تتحللُ كربوناتُ النحاسِ بالحرارةِ، منتجةً أكسيدَ النحاسِ وغازَ ثاني أكسيدِ الكربونِ ويُعبَّرُ عنْ تفاعلِها بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$CuCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

التجربة 2

تفاعلُ التحللِ

الموادُّ والأدواتُ: هيدروكسيدُ النحاسِ $Cu(OH)_2$، جفنةُ تسخينٍ، لهبُ بنسن، ملعقةٌ، منصبٌّ ثلاثيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- أحذرُ عندَ التعاملِ معَ اللهبِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ ملعقةً منْ هيدروكسيدِ النحاسِ في الجفنةِ.
2. أسخنُ الجفنةَ على اللهبِ خمسَ دقائقَ، ثم أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ.
3. **الاحظُ** التغيرَ الذي حدثَ على هيدروكسيدِ النحاسِ، ثمَّ أسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أصفُ** التغيرَ الذي حدثَ للمادةِ المتفاعلةِ قبلَ التسخينِ وبعدَهُ.

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

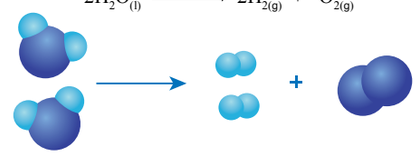
ومنَ الأمثلةِ أيضًا على هذهِ التفاعلاتِ تحللُ نتراتِ الأمونيومِ بالحرارةِ منتجةً أكسيدَ ثنائي النيتروجينِ وبخارَ الماءِ، كما يأتي:

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

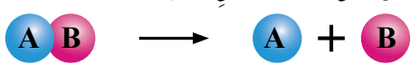
وكذلكَ تتحللُ دايكروماتُ الأمونيومِ $(NH_4)_2Cr_2O_7$ بالحرارةِ منتجةً أكسيدَ الكرومِ وغازَ النيتروجينِ وبخارَ الماءِ؛ حيثُ تسببُ الغازاتُ الناتجةُ فورانًا يشبهُ البركانَ، أنظرُ الشكلَ(8).

وقدْ تعتمدُ بعضُ تفاعلاتِ التحللِ على استخدامِ التيارِ الكهربائيِّ بدلًا منَ الحرارةِ، فمثلًا يتحللُ الماءُ تحللًا كهربائيًّا إلى عنصرَيْ الهيدروجينِ والأكسجينِ، كما يأتي:

$$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تحلل كهربائي}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$



وعادةً يمكنُ تمثيلُ تفاعلاتِ التحللِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



الشكلُ (8): التحللُ الحراريُّ لمركَّبِ دايكروماتِ الأمونيومِ.

أكتبُ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ للتفاعلِ.

التجربة 2

تفاعل التحلل

الهدف: تفاعل التحلل الحراري

زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

ارشادات الأمن والسلامة:

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

توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

1. نبِّه الطلبة في الخطوة (2) إلى ضرورة توخي الحيطة والحذر عند تسخين هيدروكسيد النحاس.
2. استراتيجية العمل التعاوني: وزع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إليهم إجراء التجربة، وتسجيل النتائج؛ تمهيدًا لعرضها.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير اللون الأزرق إلى اللون الأسود.
2. $Cu(OH)_2(s) \xrightarrow{\Delta} CuO(s) + H_2O(g)$

◄ استخدام الصور والأشكال:

- نفذ التفاعل المبين في الشكل(8)، وذلك بوضع ملعقة من دايكرومات الامونيوم في صحن خزفي، وقرِّب منها عود ثقاب مشتعلًا، واطلب إلى الطلبة ملاحظة التفاعل الحاصل بدقة، ثم ناقش الطلبة في التغير اللوني الذي حصل (اللون البرتقالي لدايكرومات الأمونيوم تحول إلى الأخضر –أكسيد الكروم–).

إجابة سؤال الشكل (8):

معادلة التفاعل:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_3(s) + 4H_2O(g) + N_2(g)$$

◄ المناقشة:

- ناقش الطلبة في معادلة تفاعل تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة؛ مبينًا لهم نواتج التفاعل.

◄ بناء المفهوم:

- صمم نموذجًا لتفاعل التحلل باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما عدد المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟

وجِّه الطلبة إلى أنه ينتج مادتين (أو أكثر) من تحلل مادة واحدة. ، واربط ذلك بتحلل الماء إلى مكوناته، وهما الهيدروجين والأكسجين.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الإحلال الأحادي ؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الإحلال الأحادي وهو: تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطا منه في أحد أملاحه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(9)، ثم اطرح عليهم السؤال:

– كيف يحدث هذا التفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها للتوصل إلى أن عنصر الحديد يحل محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج عن ذلك محلول كبريتات الحديد، وتترسب ذرات النحاس. وناقشهم في معادلة التفاعل المذكورة.

◄ بناء المفهوم:

- صمم نموذجًا لتفاعل الإحلال الأحادي باستخدام الكرات، واعرضه على الطلبة، واطرح عليهم السؤال الآتي:

– لماذا يحل عنصر محل عنصر آخر أثناء التفاعل الكيميائي؟

استمع لاجابات الطلبة وناقشهم فيها للتوصل إلى أن العنصر الأكثر نشاطًا كيميائيًّا يحل محل العنصر الأقل نشاطًا.

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

$$Zn(s) + NiSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Ni\ (s)$$

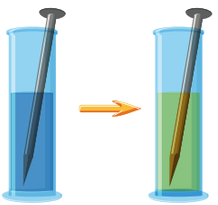
✓ أتحقَّق:

تفاعل الاتحاد: تفاعل بين مادتين أو أكثر؛ لإنتاج مادة واحدة جديدة.

تفاعل التحلل: مادة واحدة تتحلل منتجة مادتين أو أكثر.

◄ تعزيز:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن عنصر النحاس يحل محل أيونات الفضة؛ فتترسب ذرات الفضة، وتنتج نترات النحاس.



الشكلُ (9): تفاعلُ إحلالِ عنصرِ الحديدِ محلَّ أيوناتِ النحاسِ.

أفكّر: لماذا تترسبُ ذراتُ النيكل Ni عندَ وضعِ قطعةٍ منْ عنصرِ الخارصينِ Zn في محلولٍ منْ كبريتاتِ النيكل $NiSO_4$؟ وأكتبُ معادلةَ التفاعلِ الحاصلِ.

4 ـ تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

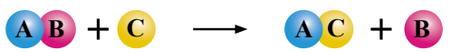
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction؛ هوَ تفاعلٌ يحلُّ فيهِ عنصرٌ نشطٌ محلَّ عنصرٍ آخرَ أقلَّ نشاطًا منهُ في أحدِ أملاحِهِ. فمثلًا عندَ وضعِ مسمارٍ منَ الحديدِ في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ (II)، أنظرُ الشكلَ (9)، فإنَّ عنصرَ الحديدِ يحلُّ محلَّ أيوناتِ النحاسِ في المحلولِ، وينتجُ عنْ ذلكَ محلولُ كبريتاتِ الحديدِ، وتترسبُ ذراتُ النحاسِ، ويُعبَّرُ عنِ التفاعلِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

ومنَ الأمثلةِ أيضًا تفاعلُ عنصرِ النحاسِ معَ محلولِ نتراتِ الفضةِ؛ فتنتجُ نتراتُ النحاسِ، وتترسبُ ذراتُ الفضةِ ؛ كما في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

ويمكنُ عادةً تمثيلُ تفاعلاتِ الإحلالِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



✓ **أتحقَّقُ:** بماذا يختلفُ تفاعلُ الاتحادِ عنْ تفاعلِ التحللِ الحراريِّ؟

التجربةُ 3
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ

الموادُّ والأدواتُ: كبريتاتُ النحاسِ (II) $CuSO_4$، ماءٌ مقطرٌ، كأسٌ زجاجيةٌ بسعةِ 250 ml، ملعقةٌ، صفيحةُ خارصينِ Zn.

إرشاداتُ السلامةِ: أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازينِ، وأضعُ النظاراتِ الواقيةَ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ ملعقةً منْ كبريتاتِ النحاسِ في الكأسِ الزجاجيةِ، وأضيفُ إليها 20 ml منَ الماءِ المقطرِ، ثمَّ أحركُ الخليطَ جيدًا؛ حتى يذوبَ تمامًا.
2. أغمسُ صفيحةَ الخارصينِ في المحلولِ منْ خمسِ دقائقَ إلى عشرِ دقائقَ.
3. **ألاحظُ** التغيرَ الذي حدثَ لصفيحةِ الخارصينِ والمحلولِ، وأسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- ماذا حدثَ للونِ صفيحةِ الخارصينِ ولونِ المحلولِ في الكأسِ الزجاجيةِ؟

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

التجربة 3 تفاعل الاتحاد

الهدف: تفاعل الإحلال الأحادي

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

ارشادات الأمن والسلامة:

توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- وجِّه الطلبة في الخطوة (1) إلى أنه يمكن استخدام الميزان ذي الكفتين لوزن (30g) من كبريتات النحاس.

التحليل والاستنتاج:

1. اختفاء تدريجي للون المحلول الأزرق، ويظهر اللون البني المحمر؛ نتيجة ترسب ذرات النحاس على صفيحة الخارصين، وفي المحلول.
2. $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	يصف النتائج بصورة علمية		
2	يستنتج معادلة التفاعل الحاصل		

مراجعةُ الدرسِ

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منْ:

- تفاعلِ الاتحادِ.
- التفاعلِ الكيميائيّ.
- تفاعلِ التحللِ الحراريِّ.
- تفاعلِ الاحتراقِ.
- تفاعلِ الإحلالِ الأحاديِّ.

2- **أفسرُ** قانونَ حفظِ الكتلةِ.

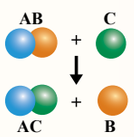
3- **أزنُ** المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ:

$$H_2S_{(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow SO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)}$$
$$C_2H_{6\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)}$$
$$Fe_2O_{3\,(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

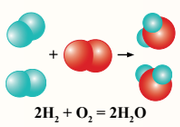
4- **أصنفُ** التفاعلاتِ الآتيةَ إلى أنواعِها (وهيَ: الاتحادُ، التحللُ، الاحتراقُ، الإحلالُ الأحاديُّ):

$$S_{(s)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgS_{(s)}$$
$$2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(l)} + O_{2\,(g)}$$
$$2Zn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)}$$
$$Fe_{(s)} + Pb(NO_3)_{2\,(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2\,(aq)} + Pb_{(s)}$$

5- **أميزُ** التفاعلَ الآتيَ الموضحَ في الشكلِ، وأفسرهُ.



6- **أفسرُ** قانونَ حفظِ الكتلةِ منْ خلالِ التفاعلِ الآتي:



3 التقويم

مراجعة الدرس

1. ارجع إلى المحتوى.
2. عدد الذرات في المواد المتفاعلة ونوعها يماثل عددها ونوعها في المواد الناتجة، وهذا يقود إلى أن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة.
3. $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$
   $2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$
   $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$
4. على الترتيب: الاتحاد ، التحلل، الاحتراق (وكذلك يمكن اعتباره اتحادًا) ، الإحلال الأحادي.
5. تفاعل الإحلال الأحادي؛ حيث يحل العنصر الافتراضي ذو الرمز C محل أيونات العنصر ذو الرمز B.
6.

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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي الصحي.**

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

الدرس 2

المول والكتلة المولية
The Mole and Molar Mass

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن مفهوم: الكتلة والمول؛ لقياس كمية المادة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة في ما درسوه سابقا من: استخدام وحدات القياس للطول والمسافة والزمن والوزن، والكتلة وبيِّن لهم أن كل صفة فيزيائية لها وحدة قياس خاصة بها.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

الفكرةُ الرئيسة:
يرتبطُ مفهومُ المولِ بالكتلةِ المولية وكتلةِ الصيغةِ، والكتلةِ الذريةِ.

نتاجاتُ التعلُّم:
- أوضحُ مفهومَ المولِ.
- أربطُ بينَ المولِ وعددِ أفوجادرو.
- أتعرفُ الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ، والكتلةَ الجزيئيةَ النسبيةَ، والكتلةَ المولية وكتلةَ الصيغةِ النسبيةِ.
- أوظفُ مفهومَ المولِ في بعضِ الحساباتِ الكيميائيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
المولُ Mole
عددُ أفوجادرو Avogadro's Number
الكتلةُ المولية Molar Mass (M_r)
الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ Relative Atomic Mass (A_m)
الكتلةُ الجزيئيةُ Molecular Mass (M_m)
كتلةُ الصيغةِ Formula Mass (F_m)

الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ Relative Atomic Mass(RAM)

هلْ شاهدتَ والدتكَ وهيَ تصنعُ قالبًا منَ الحلوى؟ هلِ استخدمتْ أداةَ القياسِ ذاتَها لتحضيرِ جميعِ المكوناتِ؟ هلْ عدَّتْ حباتِ الدقيقِ، أوْ حباتِ السكرِ التي استخدمتْها؟ أنظرُ الشكلَ (10).

لعلكَ لاحظتَ اختلافَ وحداتِ القياسِ المستخدمةِ في إعدادِ قالبِ الحلوى بحسبِ المكونِ وطبيعتِهِ؛ فالطحينُ مثلًا يُقاسُ بالكتلةِ، وتعدُّ حباتُ البيضِ بالحبةِ، ويُستخدَمُ مقياسُ الحجمِ للزيوتِ والحليبِ والماءِ، والملعقةُ للكمياتِ الصغيرةِ منَ الملحِ ومنْ كربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينيةِ (مسحوقِ الخَبيزِ).

نستخدمُ في حياتِنا اليوميةِ أدواتٍ مختلفةً لقياسِ الأشياءِ منْ حولِنا، فيُستخدَمُ (الميزانُ) لقياسِ الكتلةِ، وتُقاسُ المسافاتُ وأطوالُ الأجسامِ باستخدامِ المترِ أوِ المسطرةِ، ونستخدمُ بعضَ المصطلحاتِ التي تعبِّرُ عنْ عددٍ محددٍ منَ الأشياءِ مثلَ: كلمةِ زوجٍ "pair" التي تدلُّ على العددِ اثنيْنِ (2) من أيِّ شيْءٍ، وكلمةِ دزينةٍ "dozen" للدلالةِ على عددِ اثنَيْ عشرَ (12) من أيِّ شيءٍ قابلٍ للعدِّ، بغضِّ النظرِ عنِ المادةِ المعدودةِ.

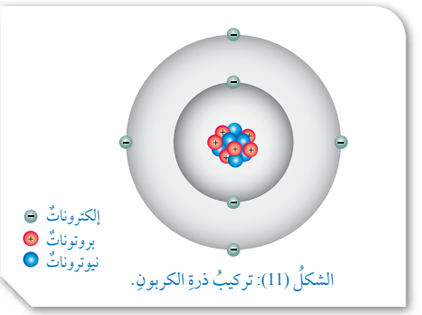
الشكلُ (10): مكوناتُ قالبِ حلوى

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ بناء الشخصية: إدارة الضغوط

أخبِرِ الطلبة أنَّ إدارة الضغوط تُنمّي مهارات التعلُّم، مثل: حل المشكلات، وتحديد المهام والأولويات، وإدارة الوقت، والتعامل مع التحديات.

وقدْ توصلَ العلماءُ إلى أنَّ ذرةَ العنصرِ تتكونُ منْ إلكتروناتٍ وبروتوناتٍ ونيوتروناتٍ متناهيةٍ في الصغرِ، فكتلةُ كلٍّ منَ البروتونِ أوِ النيوترونِ تقريبًا تساوي 1.67×10^{-24}g، وكتلةُ الإلكترونِ تساوي 1/1840 منْ كتلةِ البروتونِ. وحيثُ إنَّ كتلةَ الذرةِ صغيرةٌ جدًّا؛ فقدْ وجدَ العلماءُ صعوبةً في التعاملِ معَها باستخدامِ أدواتِ القياسِ الشائعةِ، فلجؤوا إلى طريقةٍ لقياسِ كتلةِ الذرةِ بالنسبةِ إلى كتلةِ ذرةٍ معياريةٍ، وقدِ اعتمدوا ذرةَ الكربونِ ^{12}C التي تحتوي 6 بروتوناتٍ و 6 نيوتروناتٍ باعتبارِها أساسًا لقياسِ كتلِ الذراتِ الأخرى، أنظرُ الشكلَ (11). وكتلةُ هذهِ الذرة تساوي 12 وحدةً سُمِّيَتْ كلٌّ منْها (وحدةَ كتلةٍ ذريةٍ) (amu). وبذلكَ؛ فإنَّ وحدةَ الكتلةِ الذريةِ (amu) لأيِّ عنصرٍ تساوي $\frac{1}{12}$ منْ كتلةِ ذرةِ الكربونِ ^{12}C.



الشكلُ (11): تركيبُ ذرةِ الكربونِ.

إنَّ كتلةَ الذرةِ تعتمدُ على كتلةِ البروتوناتِ والنيوتروناتِ فيها؛ وبما أنَّ كتلةَ البروتونِ أوِ النيوترونِ تساوي 1 amu تقريبًا، لذا؛ يُتوقَّعُ أنْ تكونَ الكتلةُ الذريةُ للعنصرِ رقمًا صحيحًا، ولكنْ في الواقعِ فإنَّ القيمَ المَقيسةَ تحتوي عادةً على كسورٍ؛ نظرًا لوجودِ نظائرَ للعنصرِ لَها كتلٌ مختلفةٌ؛ ولذلكَ فإنَّ متوسطَ كتلِها ليسَ رقمًا صحيحًا. وبهذا تمَّ حسابُ الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ (Relative Atomic Mass(A_m) وهيَ متوسطُ الكتلِ الذريةِ لنظائرِ ذرةِ عنصرٍ ما.

وعندَ حسابِ الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ للعنصرِ يجبُ أخذُ نظائرِهِ ونسبِ توافرِها في الطبيعةِ بالاعتبارِ؛ فالكتلُ الذريةُ التي تُستخدَمُ في الجدولِ الدوريِّ تُعبِّرُ عنْ متوسطِ الكتلِ الذريةِ النسبيةِ لنظائرِ ذراتِ العنصرِ. ولتسهيلِ التعاملِ معَها نستخدمُ قيمًا تقريبيةً كما في الأمثلةِ الواردةِ في الجدول(1).

وتُقاسُ الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ بوحدةِ الكتلِ الذريةِ amu. أو (g).

الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ A_m = (الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 1 $\times$ $\frac{\text{نسبةُ توافرِهِ في الطبيعةِ}}{100}$) + (الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 2 $\times$ $\frac{\text{نسبةُ توافرِهِ في الطبيعةِ}}{100}$).

الجدولُ (1): الكتلُ الذريةُ النسبيةُ والتقريبيةُ لبعضِ الذراتِ.

العنصرُ	الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ	الكتلةُ الذريةُ التقريبيةُ
H	1.008	1
N	14.007	14
O	15.999	16
Na	22.989	23

طريقة أخرى للتدريس

- أحضر نموذجًا للجدول الدوري للعناصر، وعلقه على اللوح مثلًا، ثم قارن للطلبة بين قيمة الكتلة الذرية المذكورة في الجدول لعدد من العناصر وبين القيمة التقريبية لها، ثم وضِّح 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 الكتلي الذي يساوي تقريبًا قيمة الكتلة الذرية للعنصر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة الى دراسة الشكل (11)، ثم ناقشهم في التركيب الالكتروني لذرة الكربون من حيث: عدد البروتونات والنيوترونات في النواة، وعدد الإلكترونات في مستويات الطاقة حول النواة، وأن كتلة ذرة الكربون تتركز في نواتها.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تم التوصل إلى قياس كتل الذرات المختلفة؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن 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.

◄ قراءة الجداول:

- وجِّه الطلبة الى دراسة الجدول (1)، ووضِّح لهم أن الكتلة الذرية تحتوي على كسور؛ بسبب وجود نظائر للعنصر، وأنه تستخدم قيم تقريبية؛ لتسهيل التعامل مع كتلة ذرة العنصر.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

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

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أنها متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر، وأنها تحسب بدلالة كتلة النظير ونسبة وجوده في الطبيعة؛ من خلال العلاقة الرياضية المذكورة.

إضاءة للمُعلِّم

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 بصفتها وحدة قياس للكتل الذرية؛ وذلك لأن هذه الذرة هي الأكثر استقرارا في الطبيعة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، وناقشهم في مجموع الكتلة الذرية لكل من الأكسجين والهيدروجين، وأنه يساوي الكتلة الجزيئية للماء، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة الجزيئية Mm، وكيف يتم حسابها؟

استمع إلى إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابة الصحيحة : مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية، وبيِّن لهم أنه يمكن حساب الكتلة الجزيئية؛ باستخدام العلاقة الآتية:

الكتلة الجزيئية = (الكتلة الذرية للعنصر 1 × عدد ذراته) + (الكتلة الذرية للعنصر 2 × عدد ذراته) + ...

طريقة أخرى للتدريس

- قسم الطلبة إلى مجموعات عدد أفراد كل منها من (4 -6)، ووزع عليهم بطاقات عمل تتضمن: تعريف الكتلة الذرية والكتلة الجزيئية، وحساب الكتلة الجزيئية لعدد من المركبات مثل: NH_4Cl , $FeSO_4$, HNO_3 , $K_2Cr_2O_7$

المثال 3

إذا علمتُ أن من نظائرِ عنصرِ الليثيوم في الطبيعةِ النظيرَ $^{6}_{3}Li$ ، وأنَّ كتلتَهُ الذريةَ = 6.02 بنسبةِ 7.5% ، والنظيرَ $^{7}_{3}Li$ وأنَّ كتلتَهُ الذريةَ 7.02 بنسبةِ 92.5% ، فأحسبُ الكتلةَ الذريةَ النسبيةَ لعنصرِ الليثيومِ.

الحلُّ:

$$= \left(\frac{7.5}{100} \times 6.02\right) + \left(\frac{92.5}{100} \times 7.02\right)$$

$$= 0.4515 + 6.4935 = 6.945 \text{ amu}$$

الكتلةُ الجزيئيةُ (M_m) Molecular Mass

تختلفُ المركباتُ الكيميائيةُ بحسبِ أنواعِ الذراتِ المكونةِ لَها وأعدادِها. وبمعرفةِ الصيغةِ الجزيئيةِ للمركبِ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ الكتلةِ الجزيئيةِ للجزيءِ الواحدِ في المركبِ التساهميِّ.

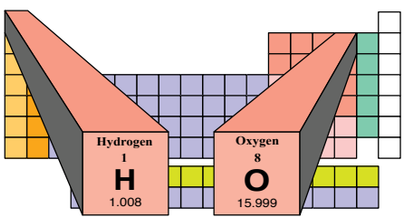
وتُعرَّفُ الكتلةُ الجزيئيةُ Molecular Mass (M_m) بأنَّها مجموعُ الكتلِ الذريةِ للذراتِ الموجودةِ في الجزيءِ الذي ترتبطُ ذراتُهُ بروابطَ تساهميةٍ مقيسةٍ بوحدةِ amu فمثلًا الكتلةُ الجزيئيةُ لجزيءِ الماء H_2O تُحسَبُ كما يأتي:

الكتلةُ الجزيئيةُ M_m = (الكتلةَ الذريةَ للهيدروجينَ × عددِ الذراتِ N) + (الكتلةُ الذريةُ للأكسجينِ × عددِ الذراتِ N)

$$M_m = A_{m_H} \times N + A_{m_O} \times N$$

$$M_m = (2 \times 1) + (16 \times 1) = 18 \text{ amu}$$

ويوضحُ الشكلُ (12) الكتلَ الذريةَ النسبيةَ للهيدروجينِ والأوكسجينِ.



الشكلُ (12): الكتلُ الذريةُ النسبيةُ للهيدروجينِ والأكسجينِ.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (3)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

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

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

الحل:

$$\frac{(27.977 \times 92.21) + (28.971 \times 4.70) + (29.974 \times 3.09)}{100} = 28.02 \text{amu}$$

المثالُ 4

أحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ للجزيءِ HNO_3 علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ لذراتِ العناصرِ هيَ: (O = 16 , N = 14 , H = 1).

الحلُّ:

يُلاحَظُ أنَّ الجزيءَ HNO_3 يتكونُ منْ ذرةِ هيدروجينٍ H وذرةِ نيتروجينٍ N، وثلاثِ ذراتِ أكسجينٍ O، وبذلكَ نحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ لهُ على النحوِ الآتي:

الكتلةُ الجزيئيةُ = (الكتلةَ الذريةَ للهيدروجينِ × عددِ الذراتِ) + (الكتلةُ الذريةُ للنيتروجينِ × عددِ الذراتِ) + (الكتلةُ الذريةُ للأكسجينِ × عددِ الذراتِ).

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

كتلةُ الصيغةِ Formula Mass (F_m)

ترتبطُ الأيوناتُ الموجبةُ والسالبةُ بروابطَ أيونيةٍ، وتُسمّى الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ الأيونيِّ وحدةَ الصيغةِ الكيميائيةِ Chemical Formula Unit وتمثلُ أبسطَ نسبةٍ للأيوناتِ في المركبِ الأيونيِّ. ويُعرَفُ مجموعُ الكتلِ الذريةِ للعناصرِ في وحدةِ الصيغةِ الكيميائيةِ بكتلةِ الصيغةِ Formula Mass(F_m)، وتُقاسُ بوحدةِ amu.

تُحسَبُ كتلةُ الصيغةِ بالطريقةِ نفسِها المتبعةِ لحسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ.

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ لجزيءِ الجلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$

2- أحسبُ كتلةَ الصيغةِ للمركبِ NaCl

المثالُ 5

أحسبُ كتلةَ الصيغةِ النسبيةِ للمركبِ $Al(NO_3)_3$

الحلُّ:

الكتلُ الذريةُ: (Al = 27 , N = 14 , O = 16)

يُلاحَظُ منْ صيغةِ المركبِ أنَّها تتكونُ منْ 9 ذراتِ O، و 3 ذراتِ N ، وذرةِ Al:

$$F_m = (27 \times 1) + (14 \times 3) + (16 \times 9)$$
$$= 27 + 42 + 144 = 213 \text{ amu}$$

أتحقَّقُ:

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

$$Mm = (Am\ H \times N) + (Am\ C \times N) + (Am\ O \times N)$$
$$= (12 \times 1) + (12 \times 6) + (16 \times 6)$$
$$= 12 + 72 + 96 = 180 \text{ amu}$$

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

$$Fm = (Am\ Na \times N) + (Am\ Cl \times N)$$
$$= (23 \times 1) + (35.5 \times 1) = 58.5 \text{ amu}$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (4)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الإضافي الآتي:

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

الحل:

$$Mm = (Am\ H \times N) + (Am\ Cl \times N) + (Am\ O \times N)$$
$$= (1 \times 1) + (35.5 \times 1) + (16 \times 2)$$
$$= 1 + 35.5 + 32 = 68.5 \text{ amu}$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكتلة الصيغة Fm؟

استمع إلى إجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن كتلة الصيغة تستخدم لحساب كتل المركبات الآيونية، وهي تساوي مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (5) ثم وجههم الى حل المثال الآتي:

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

الحل:

$$Fm = (Am\ K \times N) + (Am\ Br \times N)$$
$$= (39 \times 1) + (80 \times 1) = 119 \text{ amu}$$

نشاط سريع

- اطلب إلى الطلبة تخيل عدد حبات السكر في (1Kg) منه، أو عدد حبات الأرز في كيس منه.

تقبل منهم الإجابات. ثم بيّن لهم طبيعة استخدام مفهوم المول؛ بصفته وحدة دولية لقياس كمية المادة .

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما عدد الجسيمات الموجودة في مول واحد من المادة؟

استمع الى اجابات الطلبة ووضح لهم أن المول الواحد من المادة يحوي (6.022×10^{23}) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات أو وحدات الصيغة. وسُمّي هذا العدد بعدد أفوجادرو.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة المولية؟

استمع إلى إجابات الطلبة، وناقشهم للتوصل إلى أن المول الواحد من المادة له كتلة تسمى الكتلة المولية، ويُرمَز إليها بالرمز: (M_r)، وتُقاس بوحدة (g/mol) وبيّن لهم أن الكتلة المولية للعنصر تساوي عدديًّا كتلته الذرية، وأن الكتلة المولية للجزيء تساوي عدديًّا كتلته الجزيئية. فمثلاً مول واحد من عنصر الصوديوم يحوي عدد أفوجادرو من الذرات وكتلته المولية (23 g).

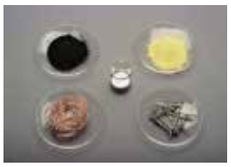
◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجّه الطلبة إلى دراسة الشكل(13)، ووضّح لهم أن المول من مادة ما يختلف في نوع الجسيمات التي يتكون منها من مادة إلى أخرى؛ فمثلًا جسيمات مول من الحديد تختلف عن جسيمات مول من الصوديوم من حيث نوع الجسيمات، ولكن عدد الجسيمات في كل منهما هو عدد أفوجادرو.
- وجه الطلبة الى دراسة الشكل (14)، ووضح 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.

المولُ The Mole

تُسمّى الوحدةُ الدوليةُ التي تُستخدَمُ في قياسِ كميةِ المادةِ المولَ (Mole)، ويساوي عددَ ذراتِ الكربونِ ^{12}C التي توجدُ في 12 g منهُ. وقدْ توصلَّ الفيزيائيُّ الإيطاليُّ أفوجادرو إلى أنَّ المولَ الواحدَ منَ المادةِ يحوي 6.022×10^{23} منَ الذراتِ أوِ الجزيئاتِ أوِ الأيوناتِ أوِ وحداتِ الصيغةِ. وسُمّيَ هذا العددُ بعددِ أفوجادرو Avogadro's Number تكريمًا لهُ، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ N_A.

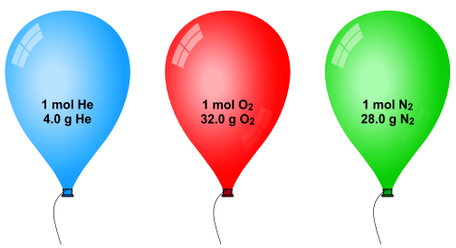
يختلفُ المولُ الواحدُ لكلٍّ منَ الحديدِ وملحِ الطعامِ والماءِ مثلاً في الجسيماتِ التي يتكونُ منْها، كما يبينُ الشكلُ (13).



الشكلُ (13): مولٌ واحدٌ منْ عناصرَ مختلفةٍ.

وبناءً عليهِ؛ فإنَّ كتلةَ المولِ الواحدِ تختلفُ منْ مادةٍ إلى أخرى، إلّا أنَّها تحوي العددَ نفسَهُ منَ الجسيماتِ N يساوي عددَ أفوجادرو، مثلًا كتلةُ مولٍ منَ الهيليومِ 4 g تحوي عددَ أفوجادرو منْ ذراتِ الهيليومِ، وكتلةُ مولٍ منَ الأكسجينِ 32 g تحوي عددَ أفوجادرو من جزيئاتِ الأكسجينِ، كما يبينُ الشكلُ (14):

اصْطُلِحَ على استخدامِ مفهومِ الكتلةِ المولية Molar Mass للدلالةِ على كتلةِ المولِ الواحدِ منَ المادةِ؛ ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (M_r) وتُقاسُ بوحدةِ g/mol، فمثلًا كتلةُ المولِ الواحدِ منْ ذراتِ العنصرِ تُسمّى الكتلةَ المولية للعنصرِ، وهيَ تساوي عدديًّا كتلتَهُ الذريةَ، فمثلًا إنَّ مولًا واحدًا منْ ذراتِ عنصرِ المغنيسيومِ يحوي عددَ أفوجادرو منْ ذراتِ المغنيسيومِ، وكتلتهُ 24g.



الشكلُ (14): كتلةُ مولٍ واحدٍ منْ عناصرِ الهيليومِ والأكسجينِ والنيتروجينِ.

طريقة أخرى للتدريس

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

الجسيمات	Mg	H_2O	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

وكتلةُ المولِ الواحدِ من الجزيء تُسمّى الكتلةَ المولية للجزيء، وتساوي عدديًّا كتلتَهُ الجزيئيةَ، فمثلًا مولٌ واحدٌ من جزيئاتِ CO_2 يحوي عددَ أفوجادرو من جزيئات CO_2 وكتلتهُ 44g .

ويرتبطُ عددُ المولاتِ (n) Moles بعلاقةٍ رياضيةٍ معَ عددِ أفوجادرو (N_A) وعددِ الجسيماتِ (N) منَ الذراتِ أوِ الجزيئاتِ أوِ الأيوناتِ أوْ وحداتِ الصيغةِ، كما يأتي:

عددُ الجسيماتِ = عددَ المولاتِ × عددِ أفوجادرو

$$N = N_A \times n$$

أفكّرُ: ما نوعُ الجسيماتِ في كلٍّ ممّا يأتي:
Na ، N_2 ، K^+ ، $NaCl$.؟

وكذلكَ يرتبطُ عددُ مولاتِ المادةِ (n)، بكتلةِ المادةِ (m) مقيسةً بوحدةِ g وكتلتُها المولية (M_r)، كما يأتي:

$$\text{عددُ المولاتِ} = \frac{\text{كتلةُ المادةِ}}{\text{كتلتِها المولية}}$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

المثالُ 6

أحسبُ عددَ مولاتِ (n) الكربونِ التي تحتوي على 3.01×10^{23} ذرةٍ.

الحلُّ:

$$\text{عددُ مولاتِ الكربونِ} = \frac{\text{عددُ ذراتِ الكربونِ}}{\text{عددِ أفوجادرو}}$$

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

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

المناقشة:

- ناقش الطلبة في العلاقة الرياضية التي تربط عدد الجسيمات بعدد أفوجادرو وعدد المولات، وكذلك العلاقة الرياضية التي تربط عدد مولات المادة بكتلتها وكتلتها المولية، مبينًا لهم الرموز التي تشير إلى كل منها.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (6)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- احسب عدد مولات ثاني أكسيد الكربون CO_2 التي تحتوي على 9.022×10^{23} جزيء.

الحل:

$$N = N_A \times n$$

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

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

أفكّرُ

Na: ذرات

N_2: جزيئات

K^+: أيونات

$NaCl$: وحدات صيغة.

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثالين (7 و 8)، ثم وجِّههم إلى حل المثالين الآتيين:

1. احسب عدد الذرات الموجودة في 2 mol من عنصر الألمنيوم Al

الحل:

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

2. احسب الكتلة المولية للمركب $CaCO_3$؛ علمًا بأن الكتل الذرية (O = 16 , C = 12 , Ca = 40).

الحل:

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

أتحقَّق:

1. $N = N_A \times n$
$= 6.022 \times 10^{26}$ atom
2. $n = 0.1$ mol

المثالُ 7

أحسبُ عددَ الجزيئاتِ (N) الموجودةِ في 3 مولٍ منْ غازِ الميثانِ CH_4:

الحلُّ:

$$N = N_A \times n$$
$$= 6.02 \times 10^{23} \times 3$$
$$= 1.806 \times 10^{24}$$

المثالُ 8

أحسبُ كتلةَ مول منْ جزيئاتِ H_2O؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ لكلٍّ منْ O = 16, H = 1

الحلُّ:

نحسبُ الكتلةَ المولية Mr للجزيءِ، بطريقةِ حسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ لهُ نفسِها.

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

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ عددَ ذراتِ عنصرِ البوتاسيومِ K الموجودةِ في 1×10^3 mol منهُ؟

2- عينةٌ منْ مركبٍ ما كتلتُها 4 g، والكتلةُ المولية Mr للمركبِ؛ 40 g/mol فما عددُ المولاتِ n؟

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الأفكارُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منَ:
الكتلةِ الذريةِ. الكتلةِ الجزيئية. الكتلةِ المولية. كتلةِ الصيغةِ. المولِ.

2 – **أجدُ** الكتلةَ المولية (M_r) لكلٍّ منْ C_2H_5OH, CH_4.

3 – **أجدُ** كتلةَ الصيغةِ (F_m) للمركبيْنِ: $Mg(NO_3)_2$ ، $Ca(OH)_2$.

4 – **أحسبُ** عددَ المولاتِ (n) الموجودةِ في 72g منْ عنصرِ المغنيسيومِ.

5 – **أحسبُ** كتلةَ 0.1 mol منْ ذراتِ الألمنيومِ.

6 – **أحسبُ** عددَ جزيئاتِ NH_3 الموجودةِ في 2 مولٍ منْها.

7 – أوضحُ المقصودَ بعددِ أفوجادرو.

8 – أكملُ الجدولَ الآتيَ: $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$.

	HCl	Cl_2	H_2
عددُ المولاتِ n			
عددُ الجزيئاتِ N			
الكتلةُ المولية M_r			

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 ارجع إلى المحتوى.

2 $C_2H_5OH = 46\ g/mol$, $CH_4 = 16\ g/mol$

3 $Mg(NO_3)_2 = 128\ g/mol$, $Ca(OH)_2 = 74g/mol$

$n = 3\ mol$

4

0.1 مول كتلته 2.7 g

5

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

6

عدد أفوجادرو هو 6.022×10^{23} من الذرات أو

7 الأيونات أو الجزيئات أو وحدات الصيغة.

8

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

الدرس 3

الحسابات الكيميائية
Stoichiometry

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم مهد للدرس بالحديث عن أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في حساب الكميات الدقيقة من المواد المتفاعلة والناتجة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة بأهمية موازنة المعادلة الكيميائية، وقانون حفظ الكتلة، وأثر ذلك في تحديد كميات دقيقة من المواد المتفاعلة والناتجة.

2 التدريس

نشاط سريع مفهوم طول الموجة.

- اطلب إلى الطلبة تشكيل مجموعات رباعية، ووزع عليهم عبوات عصير مختلفة وزجاجات ماء أو أي عبوات مناسبة عليها ملصق، ثم اسألهم عن أسماء المكونات المكتوبة على الملصق، ونسب وجودها.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بالنسبة المئوية لكتلة العنصر؟ وما أهمية معرفتها؟

- استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها؛ للتوصل إلى ضرورة معرفةِ العناصر الداخلة في تركيب المادة، والنسبة المئوية لكتل هذه العناصرِ؛ ما يساهم في معرفة الصيغة الكيميائية للمركب، وتطوير خصائصه وتحسينها، وفي أن النسبة المئوية للعنصر هي نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.
- وجِّه الطلبة إلى دراسة قانون حساب النسبة المئوية بالكتلة؛ تمهيدًا لتطبيق مسائل حسابية عليه.

الفكرةُ الرئيسةُ:
اعتمادًا على المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ؛ يمكنُ حسابُ النسبِ المحددةِ منْ كمياتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ ومكوناتِها بدقةٍ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أحسبُ النسبةَ المئويةَ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ.
- أحددُ الصيغةَ الأوليةَ والصيغةَ الجزيئيةَ للمركبِ .
- أحسبُ عددَ مولاتِ مركبٍ وكتلتَهُ المتفاعلةَ أوِ الناتجةَ.
- أحسبُ المردودَ المئويَّ للتفاعلِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
النسبةُ المئويةُ بالكتلةِ
Percent Composition
الصيغةُ الأوليةُ Empirical Formula
الصيغةُ الجزيئيةُ Molecular Formula
المردودُ المئويُّ Percentage Yield
النسبةُ المولية Mole Percentage

الحساباتُ المبنيةُ على الكميات
Calculations based on quantities

تُعدُّ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ الركيزةَ الأساسيةَ للحساباتِ الكيميائيةِ، ويمكنُ عنْ طريقِها تحديدُ عددِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ؛ مما يساعدُ في تحديدِ كتلِها بدقةٍ، وكذلكَ في تحديدِ النسبةِ المئويةِ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ، وتحديدِ المردودِ المئويِّ لناتجِ تفاعلٍ ما.

النسبةُ المئويةُ لكتلةِ العنصرِ Percent Composition

عندَ تفحصكَ بطاقةَ المعلوماتِ الملصقةَ على عبواتِ ماءِ الشربِ مثلًا ستلاحظُ أنَّهُ مكتوبٌ عليْها أسماءُ الموادِّ المكونةِ لهُ، ونسبةُ وجودِها في حجمٍ معينٍ في العبوةِ. ويشبهُ هذا الحالُ المركباتِ الكيميائيةَ؛ حيثُ تتكونُ منْ عناصرَمحددةٍ بنسبٍ معينةٍ. ويُجري بعضُ الكيميائيين الأبحاثَ المتنوعةَ لمعرفةِ المُكوناتِ الأساسيةِ للمادةِ لتحديدِ العناصرِ الداخلةِ في تركيبِها، والنسبةِ المئويةِ لكتلِ هذهِ العناصرِ؛ ما يساهمُ في معرفةِ الصيغةِ الكيميائيةِ للمركبِ وتطويرِ خصائصهِ وتحسينِها. وتُعرَّفُ النسبةُ المئويةُ لكتلةِ العنصرِ Percent Composition بأنَّها نسبةُ كتلةِ العنصرِ في المركبِ إلى الكتلةِ الكليةِ للمركبِ. وتُحسَبُ هذهِ النسبةُ لأيِّ عنصرٍ بقسمةِ كتلةِ العنصرِعلى كتلةِ المركبِ مضروبًا في (100%)، ويمكنُ التعبيرُعن ذلكَ بالقانونِ الآتي:

$$\text{النسبةُ المئويةُ بالكتلةِ (للعنصرِ)} = \frac{\text{كتلةُ العنصرِ}}{\text{كتلةُ المركبِ}} \times 100\%$$

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

المثالُ 9

عينةٌ نقيةٌ منْ مركبِ كبريتيدِ الحديدِ FeS تكونتْ منْ تفاعلِ 6.4 g منْ عنصرِ الحديدِ معَ 3.2 g منْ عنصرِ الكبريتِ. أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لكلٍّ منَ العنصرينِ Fe و S في العينةِ؟

الحلُّ:

نحسبُ كتلةَ المركبِ كبريتيدِ الحديدِ FeS كما يأتي:

$$m\,(FeS) = m\,(Fe) + m\,(S)$$
$$= 6.4 + 3.2$$
$$= 9.6\ g$$

- نحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ Fe كما يأتي:

$$\text{Percent Composition (Fe)} = \frac{m.\text{element}}{m.\text{Compound}} \times 100\%$$
$$= \frac{6.4}{9.6} \times 100\% = 67\%$$

- نحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ S كما يأتي:

$$\text{Percent Composition (S)} = \frac{3.2}{9.6} \times 100\% = 33\%$$

يُلاحَظُ أنَّ مجموعَ النسبِ المئويةِ بالكتلةِ للعناصرِ المكونةِ للمركبِ تساوي 100%.

ويمكنُ بواسطةِ معرفةِ صيغةِ المركبِ وكتلتِهِ المولية حسابُ نسبةِ العنصرِ كما يلي:

المثالُ 10

أحسبُ النسبةَ المئويةَ لكلٍّ منْ عنصري الكربونِ والهيدروجينِ في جزيءِ الجلوكوزِ الذي صيغتُهُ $C_6H_{12}O_6$ وكتلتُهُ المولية؛ 180 g/mol علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (C = 12 , O = 16 , H = 1).

الحلُّ:

$$\text{Percent Composition} = \frac{A_m}{M_r} \times 100\%$$

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

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

أتحقَّقُ:

1- أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ H في مركبٍ كتلتُهُ 4.4g ويحتوي 0.8g منهُ.

2- أحسبُ النسبةَ المئويةَ لعنصرِ الأكسجينِ في جزيءِ الجلوكوزِ الذي صيغتُهُ $C_6H_{12}O_6$.

أتحقَّقُ:

1. $\frac{0.8}{4.4} \times 100\% = 18\%$

2. $\frac{96}{180} \times 100\% = 53\%$

$$M_r\,(C_6H_{12}O_6) = 180\ g/mol$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثالين (9 و 10)، ثم وجِّههم الى حل المثالين الآتيين:

1. 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:

$$C\% = \frac{2.4}{8.8} \times 100\% = 27\%$$

$$O\% = \frac{6.4}{8.8} \times 100\% = 73\%$$

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

الحل:

$$C\% = \frac{12}{44} \times 100\% = 27\%$$

$$O\% = \frac{32}{44} \times 100\% = 73\%$$

تعزيز:

- اكتب على السبورة صيغًا كيميائية لعدد من المركبات، ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما نوع الذرات المكونة للمركب؟ وما عددها؟
  - تقبل إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما المقصود بكل من الصيغة الكيميائية للمركب والصيغة الأولية؟
- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، وبيِّن لهم أن الصيغة الكيميائية طريقة للتعبير عن عدد ذرات العناصر المكونة له ونوعها، وأن الصيغة الأولية تمثل أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب.

إضاءة للمُعلِّم

لبعض المركبات المختلفة الصيغة الأولية نفسها؛ فمثلاً مركبا الإيثاين C_2H_2 والبنزين C_6H_6 لهما الصيغة الأولية CH، وكذلك المركبات ميثانال CH_2O وحمض الإيثانويك $C_2H_4O_2$ والجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ لها الصيغة الأولية CH_2O.

الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ Chemical Formula

تعدُّ الصيغةُ الكيميائيةُ للمركبِ طريقةً للتعبيرِ عنْ عددِ ذراتِ العناصرِ المكونةِ لهُ ونوعِها؛ حيثُ يظهرُ في الصيغةِ الرمزُ الكيميائيُّ للعنصرِ، وعددُ ذراتِهِ.

الصيغةُ الأوليةُ Empirical Formula

تُسمّى الصيغةُ التي تدلُّ على أبسطِ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ بينَ ذراتِ العناصرِ المكونةِ للمركبِ الصيغةَ الأوليةَ Empirical Formula، ويمكنُ حسابُها مثلَما في المثالَينِ الآتيينِ:

المثالُ 11

ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يحتوي (60 g) كربونًا، و (20 g) هيدروجينًا؛ علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)؟

الحلُّ: أتبعُ الإجراءاتِ المبسطةَ الآتيةَ:

	C	H
أكتبُ كتلةَ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ المذكورةِ في السؤالِ.	60	20
أجدُ عددَ مولاتِ كلِّ عنصرٍ؛ حيثُ $(n = \frac{m}{M_r})$.	$\frac{60}{12} = 5$	$\frac{20}{1} = 20$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ (أقسمُ عددَ مولاتِ العنصرِ على القيمةِ الأقلِّ لعددِ المولاتِ).	$\frac{5}{5} = 1$	$\frac{20}{5} = 4$

وحيثُ إنَّ النسبةَ بينَ ذراتِ C : H هيَ 1:4 على الترتيبِ؛ فإنَّ الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ هيَ CH_4.

المثالُ 12

ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ يتكونُ منْ 40 % منَ الكالسيومِ، 12% منَ الكربونِ، 48 % منَ الأكسجينِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ (Ca = 40 ,O = 16 ,C = 12)؟

الحلُّ:

	Ca	C	O
أكتبُ النسبةَ المئويةَ لكلِّ عنصرٍ.	40	12	48
أجدُ عددَ مولاتِ كلِّ عنصرٍ $(n = \frac{m}{M_r})$.	$\frac{40}{40} = 1$	$\frac{12}{12} = 1$	$\frac{48}{16} = 3$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ (أقسمُ عددَ مولاتِ العنصرِ على القيمةِ الأقلِّ لعددِ المولاتِ).	1	1	3

وبذلكَ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ للمركبِ $CaCO_3$.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثالين (11 و 12)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
  - ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من 94.1% من الأكسجين، و 5.9% من الهيدروجين؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ (H = 1, O = 16)؟

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

الصيغةُ الجزيئيةُ Molecular Formula

منَ المُلاحَظِ أنَّ الصيغةَ الأوليةَ تدلُّ على أبسطِ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ لذراتِ العناصرِ في المركبِ، لكنَّها قدْ لا تُبيِّنُ العددَ الفعليَّ لهذهِ الذراتِ؛ فمثلًا قدْ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ لأحدِ الجزيئاتِ CH_3، ولكنْ لا يوجدُ في الطبيعةِ جزيءٌ صيغتهُ CH_3، وإنَّما مضاعفاتٌ منْ عددِ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ، وفي الواقعِ فإنَّ الجزيءَ الواحدَ منْ هذا المركبِ يحتوي على ستِّ ذراتِ H وذرَّتَيْ C، وبالتالي؛ تكونُ صيغتهُ الفعليةُ C_2H_6، وتُسمّى الصيغةَ الجزيئيةَ Molecular Formula للمركبِ، وهيَ صيغةٌ تُبيِّنُ الأعدادَ الفعليةَ للذراتِ وأنواعَها.

ولمعرفةِ الصيغةِ الجزيئيةِ للمركبِ يجبُ تحديدُ الكتلةِ الموليةِ لهُ منْ خلالِ التجاربِ العمليةِ أولًا، ومنْ ثَمَّ مقارنتُها بكتلةِ الصيغةِ الأوليةِ. فمثلًا لوْ كانتِ الكتلةُ الموليةُ للجزيءِ CH_3 15 g/mol فإنَّ صيغةَ الأوليةَ هي صيغتُهُ الجزيئيةُ، في حينِ أنَّهُ إذا كانتْ كتلتُهُ الموليةُ 30 g/mol فتكونُ صيغتُهُ الجزيئيةُ C_2H_6.

المثالُ 13

ما الصيغةُ الأوليةُ، والصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ 85.7% منَ الكربونِ، 14.3% منَ الهيدروجينِ. علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)، والكتلةَ المولية للمركبِ 56 g/mol؟

الحلُّ:

	C	H
أكتبُ النسبةَ المئويةَ لكلِّ عنصرٍ.	85.7	14.3
أجدُ عددَ المولاتِ n.	$\frac{85.7}{12} = 7.1$	$\frac{14.3}{1} = 14.3$
أجدُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ.	$\frac{7.1}{7.1} = 1$	$\frac{14.3}{7.1} = 2$

تستنتجُ أنَّ الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ هيَ CH_2، وكتلةَ هذهِ الصيغةِ 14 g، وبما أنَّ الكتلةَ المولية للمركبِ 56 g/mol، فإنَّ العددَ الفعليَّ للذراتِ يُحسَبُ على النحوِ الآتي:

العددُ الفعليُّ للذراتِ = عددَ ذراتِ العنصرِ في الصيغةِ الأوليةِ × $\frac{\text{الكتلةُ المولية للمركبِ}}{\text{كتلةُ الصيغةِ الأوليةِ}}$

$$N = N.\,\text{emp} \times \frac{M_r}{m.\text{emp}}$$

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

وبذلكَ تكونُ الصيغةُ الجزيئيةُ C_4H_8

✓ **أتحقَّقُ:** ما الصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ كتلتُهُ المولية 58 g/mol، وصيغتُهُ الأوليةُ C_2H_5 علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ (H = 1 ,C = 12)؟

✓ **أتحقَّقُ:**

m. emp = 29 g

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

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

الصيغة الجزيئية : C_4H_{10}

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الصيغ الكيميائية لمركبات تتكون من عنصري النيتروجين والأكسجين لها الصيغة الأولية NO؟

- نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وتقبل 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؛ لتتوصل معهم إلى مفهوم الصيغة الجزيئية التي تبين الأعداد الفعلية من الذرات وأنواعها. وأنه يتم تحديدها عن طريق معرفة الصيغة الأولية، والكتلة المولية للمركب.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (13)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- ما الصيغة الجزيئية لمركب صيغته الأولية CH_4N، وكتلته المولية (60 g/mol)؟

الحل:

كتلة الصيغة الأولية = 30 g/mol

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

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

$$(CH_4N) \times 2 = \mathbf{C_2H_8N_2}$$

◄ المناقشة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة التفاعل $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$، ثم ناقشهم في نسبة عدد مولات كل من: (H_2 الى N_2)، (NH_3 الى H_2)، (NH_3 الى N_2)، مبينًا لهم أن النسبة المولية هي النسبة بين عدد مولات مادة وعدد مولات مادة أخرى.
- وضِّح للطلبة أن النسبة المولية تختلف باختلاف البسط والمقام، كما يأتي:

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

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

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

- يجب موازنة المعادلة بتحديد عدد المولات بدقة، ثم تحديد النسبة المولية، أما كتابة النسبة المولية من دون موازنة المعادلة – فيؤدي إلى نتائج خاطئة.

الحساباتُ المبنيةُ على المولِ- الكتلةِ
Calculations based on Mole - Mass

يُستخدَمُ مفهومُ المولِ في الحساباتِ الكيميائيةِ باعتبارِهِ وحدةَ قياسٍ للمادةِ؛ إذْ تُستخدَمُ المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ لتحديدِ عددِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ. فعلى سبيلِ المثالِ في المعادلةِ الموزونةِ.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

يُلاحَظُ منَ المعادلةِ أنَّهُ عندِ تفاعلِ 3 mol منْ H_2 معَ 1 mol منِ N_2 فإنَّهُ ينتجُ 2 mol من NH_3، وتكونُ النسبةُ بينَ عددِ المولاتِ ($NH_3 : N_2 : H_2$) هي (2 : 1 : 3) على الترتيبِ، وتُسمّى النسبةَ المولية Mole Percentage وهيَ: النسبةُ بينَ عددِ مولاتِ مادةٍ إلى عددِ مولاتِ مادةٍ أخرى، ويمكنُ كتابةُ النسبةِ المولية للهيدروجينِ مثلاً H_2 بدلالةِ عددِ مولاتهِ إلى عددِ مولاتِ النيتروجينِ N_2، كما يأتي:

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

وأيضًا يمكنُ كتابةُ النسبةِ المولية للهيدروجينِ H_2 بدلالةِ عددِ مولاتهِ إلى عددِ مولاتِ NH_3، كما يأتي:

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

وكذلكَ الحالُ عندَ كتابةِ النسبةِ المولية للنيتروجينِ N_2 بدلالةِ H_2 أو NH_3.

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

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

حساباتُ (المولِ – المولِ) Calculations Mole-Mole

تُستخدَمُ النسبةُ المولية في تحويلِ عددِ مولاتِ المادةِ المعلومةِ إلى عددِ مولاتِ المادةِ الأخرى المطلوبِ حسابُها في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ، وعلى سبيلِ المثالِ في المعادلةِ السابقةِ عندَ تفاعلِ 0.1 mol منَ الهيدروجينِ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ عددِ مولاتِ النيتروجينِ المتفاعلةِ على النحوِ الآتي:

نحددُ النسبةَ المولية للمادةِ المطلوبةِ، وهيَ النيتروجينُ N_2.

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

نحسبُ عددَ مولاتِ النيتروجينِ اللازمةِ للتفاعلِ، وذلكَ بضربِ النسبةِ المولية لهُ في عددِ مولاتِ الهيدروجينِ المعطاةِ في السؤالِ، كما يأتي:

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

المثالُ 14

في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

أحسبُ عددَ مولاتِ H_2O الناتجةِ عنْ تفاعلِ 4 mol منْ O_2 معَ كميةٍ كافيةٍ منَ الهيدروجينِ.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ، نجدُ النسبةَ المولية لـ H_2O بدلالةِ O_2 كالآتي:

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

ولحسابِ عددِ مولاتِ H_2O الناتجةِ نضربُ النسبةَ المولية لَها في عددِ مولاتِ O_2 المُعطاةِ في السؤالِ، كما يأتي:

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

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما أهمية معرفة النسبة المولية؟

- استمع الإجابات الطلبة، ثم بيِّن لهم أهميتها في تحويل عدد مولات مادة إلى أخرى.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (14)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$$

احسب 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

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

المناقشة:

- وجه الى الطلبة السؤال الاتي: ما اهمية معرفة عدد مولات المواد الفعلية في التفاعل؟
- وضِّح للطلبة أنه بمعرفة عدد مولات المادة فإنه يمكن معرفة كتلة المادة اللازمة للتفاعل أو الناتجة عنه، مبينًا لهم كتل المواد المتفاعلة والناتجة في معادلة التفاعل الموزونة $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$ كالآتي:

	2Mg	O_2	2MgO
n	2	1	1
Mr	24	32	40
m	48	32	80

حساباتُ (مولٍ – كتلةٍ) Mass- Mole Calculations

يُلاحَظُ مما سبقَ أنَّ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونة تشيرُ إلى نسبِ أَعدادِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ. وحيثُ يمثلُ المولُ الواحدُ منْ أيةِ مادةٍ الكتلةَ المولية لَها؛ فإنَّهُ يمكنُ حسابُ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ في المعادلةِ الموزونةِ بمعرفةِ عددِ مولاتِها، ففي المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ مثلاً:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

يُلاحَظُ أَنَّهُ تفاعَلَ 2 mol منْ Mg معَ 1 mol منْ O_2 لتكوينِ 2 mol منْ MgO، وبتحويلِ مولاتِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ إلى كتلٍ، ينتجُ:

$$(48g)\ Mg + (32g)\ O_2 \rightarrow (80g)\ MgO$$

يُلاحظُ أنَّ مجموعَ كتلِ الموادِّ المتفاعلةِ يساوي كتلةَ المادةِ الناتجةِ، وهذا يتفقُ معَ قانونِ حفظِ الكتلةِ.

المثالُ 15

في معادلةِ التفاعلِ الموزونةِ: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$

أحسبُ كتلةَ H_2 اللازمةَ للتفاعلِ معَ 7 mol منْ O_2، علمًا بأنَّ كتلةَ 1 mol منْ H_2 تساوي 2 g/mol.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى معادلةِ التفاعلِ الموزونةِ نجدُ أنَّ النسبةَ المولية لـ H_2 هيَ:

$$\frac{n\ H_2}{n\ O_2} = \frac{2}{1}$$

نستخدمُ النسبةَ المولية لتحويلِ مولاتِ O_2 إلى مولاتِ H_2 المطلوبةِ كما يأتي:

$$n\ H_2 = \frac{2}{1} \times 7\ mol = 14\ mol$$

فإنَّهُ يمكنُ تحويلُ مولاتِ الهيدروجينِ إلى كتلةٍ كما يأتي:

$$m\ H_2 = \frac{2\ g}{1\ mol} \times 14\ mol = 28\ g$$

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (15)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

في معادلة التفاعل الموزونة $4Al_{(s)} + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

احسب 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:

$$\frac{n\ Al_2O_3}{n\ Al} = \frac{2}{4}$$

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

$$m = 12 \times 102 = 1224\ g$$

المثالُ 16

أحسبُ كتلةَ Fe الناتجةَ عنْ تفاعلِ 9 mol منَ الكربونِ C، وفقَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ: (علمًا بأنَّ كتلةَ المولِ: Fe = 56 g/mol)

$$Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{(g)}$$

الحلُّ:

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

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

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

حساباتُ (كتلةٍ – كتلةٍ) Mass - Mass Calculations

منَ المُلاحَظِ في ما سبقَ أنَّهُ بمعرفةِ عددِ مولاتِ المادةِ المتفاعلةِ أوِ الناتجةِ والنسبةِ المولية لَها، يمكنُ حسابُ عددِ مولاتِ مادةٍ أخرى وكتلتِها. وبهذا؛ يمكنُ أيضًا حسابُ كتلةِ مادةٍ متفاعلةٍ أوْ ناتجةٍ عنْ طريقِ معرفةِ كتلةِ مادةٍ أخرى في المعادلةِ الموزونةِ كالآتي:

المثالُ 17

في معادلةِ التفاعلِ الآتيةِ: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

أحسبُ كتلةَ الأمونيا NH_3 الناتجةَ عنْ تفاعلِ 56g منَ النيتروجينِ، والكتلَ الذريةَ (H = 1 , N = 14)

الحلُّ:

أحوِّلُ كتلةَ النيتروجينِ المعلومةَ في السؤالِ إلى مولاتٍ:

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

أجدُ النسبةَ المولية لـ NH_3

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

أحسبُ عددَ مولاتِ NH_3:

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

ومنْها أحسبُ كتلتَها:

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

✓ **أتحقَّقُ:** اعتمادًا على المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ: $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

1 – أحسبُ عددَ مولاتِ O_2 اللازمةِ للتفاعلِ مع 5 mol منْ عنصرِ Mg

2 – أحسبُ كتلةَ MgO الناتجةَ عنِ احتراقِ 6g منْ عنصرِ Mg احتراقًا تامًّا، بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ.

✓ **أتحقَّقُ:**

1.

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

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

2.

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

$$m\ MgO = 40 \times 0.25 = 10\ g$$

إضاءة للمُعلِّم

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

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

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثال (16)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

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

(*Mr* Br_2 = 160 g/mol)

$$H + Br_2 \rightarrow 2HBr$$

الحل:

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

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

$$= 5\ mol$$

$$m\ Br_2 = 160 \times 5 = 800g$$

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثال (17)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:

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

$$2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$$

(*Mr* g/mol Cl_2 = 71 , NOCl = 65,5)

الحل:

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

$$nCl_2 = 0.1\ mol$$

$$n\ NOCl = 2 \times 0.1 = 0.2mol$$

$$m\ NOCl = 0.2 \times 65.5 = 13.1g$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكل من المردود المتوقع (النظري)، المردود الفعلي (الحقيقي)، المردود المئوي؟

- تقبل إجابات الطلبة، ووجِّههم إلى الإجابة الصحيحة، المردود المتوقع (Py): كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل. أما المردود الفعلي (Ay): فهو كمية المادة الناتجة فعليًّا من التفاعل. المردود المئوي (Y): النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري.
- وجِّه الطلبة إلى دراسة العلاقة الرياضية للمردود المئوي؛ تمهيدًا لتطبيق حسابات كيميائية عليه.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (18)، ثم وجِّههم إلى حل المثال الآتي:
- في تفاعل ما تم الحصول على 15g فقط من مادة، فإذا كان المردود المتوقع 25 g؛ فاحسب المردود المئوي للتفاعل.

الحل:

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

$$= \frac{15}{25} \times 100\% = 60\%$$

أبحثُ

وجِّه الطلبة إلى موضوع (ابحث)، وبيِّن لهم أنه سيتم تقييمه على تسلسل الأفكار، وتوثيق المراجع، وتدعيم البحث بالصور والأشكال.

✓ أتحقَّقُ:

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

أفكِّرُ

– 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.

المردودُ المئويُّ Percentage Yield

تعلمتُ في الحساباتِ السابقةِ حسابَ كميةِ مادةٍ ناتجةٍ عنِ التفاعلِ منْ معرفةِ كميةِ مادةٍ أخرى في التفاعلِ، ومعادلةِ التفاعلِ الكيميائيةِ الموزونةِ، وتُسمّى كميةُ المادةِ الناتجةُ المحسوبةُ منَ التفاعلِ المردودَ المتوقعَ (النظريَّ) Predict Yield ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (P_y). أمّا كميةُ المادةِ الناتجةُ فعليًّا منَ التفاعلِ التي يحددُها الكيميائيُّ منَ التجاربِ الدقيقةِ فتُسمّى المردودَ الفعليَّ(الحقيقيَّ) Actual Yield . ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (A_y).

وبمعرفةِ المردودِ النظريِّ والمردودِ الفعليِّ للمادةِ الناتجةِ يمكنُ حسابُ المردودِ المئويِّ Percentage Yield(Y) وهوَ النسبةُ المئويةُ للمردودِ الفعليِّ إلى المردودِ النظريِّ، ويُعبَّرُ عنهُ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$\text{المردودُ المئويُّ للتفاعلِ} = \frac{(\text{المردودَ الفعليَّ})}{(\text{المردودِ المتوقعِ})} \times 100\ \%$$

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\ \%$$

أفكِّرُ لماذا تكونُ نسبةُ المردودِ الفعليِّ أقلَّ بشكلٍ عامٍّ منْ نسبةِ المردودِ المتوقعِ؟

أبحثُ

أرجعُ إلى المواقعِ الإلكترونيةِ عبرَ شبكةِ الإنترنتِ، وأكتبُ تقريرًا عنِ النسبةِ المئويةِ لنقاوةِ المادةِ (Percentage Purity) مبينًا أهميتَها في الصناعاتِ الكيميائيةِ، وكيفَ يجري حسابُها. وأناقشهُ معَ زملائي ومعلمي.

المثالُ 18

في تفاعلٍ ما حصلْنا على 2.64 g منْ كبريتاتِ الأمونيومِ. فإذا علمتُ أنَّ المردودَ المتوقعَ 3.3g فأحسبُ المردودَ المئويَّ للتفاعلِ.

الحلُّ:

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\%$$

$$= \frac{2.64}{3.3} \times 100\% = 80\%$$

✓ أتحقَّقُ:

ما الفرقُ بينَ المردودِ الفعليِّ، والمردودِ المتوقعِ للتفاعلِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما أهميةُ الحساباتِ الكيميائيةِ؟

2 – **أوضحُ** المقصودَ بكلٍّ منَ:

- النسبةِ المئويةِ بالكتلةِ لعنصرٍ.
- الصيغةِ الأوليةِ.
- الصيغةِ الجزيئيةِ.
- المردودِ المئويِّ للتفاعلِ.

3 – ما الصيغةُ الأوليةُ لمركبٍ يتكونُ منْ تفاعلِ 2.3g منَ الصوديومِ Na معَ 8g منَ البرومِ Br؟

4 – ما الصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ 92.3% منَ الكربونِ، و 7.7% منَ الهيدروجينِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للمركبِ 26 g /mol؟

5 – **أحسب** كتلةَ أكسيدِ الحديدِ (III) Fe_2O_3 الناتجةَ منْ تفاعلِ 9.12g منْ كبريتاتِ الحديدِ (II) $FeSO_4$ علمًا بأنَّ معادلةَ التفاعلِ الموزونةَ هيَ:

$$2FeSO_{4(s)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

6 – **أحسبُ** عددَ مولاتِ غازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2 الناتجةِ عنِ احتراقِ 6 mol منْ غازِ الإيثانِ C_2H_6 احتراقًا تامًّا في كميةٍ وافرةٍ منْ غازِ الأكسجينِ. وذلكَ حسبَ المعادلةِ الموزونةِ الآتيةِ:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

7 – **أحسبُ** المردودَ المئويَّ لتفاعلٍ ما لإنتاجِ أكسيدِ الكالسيومِ؛ علمًا بأنَّ المردودَ المتوقعَ 5.6g والمردودَ الفعليَّ 2.8g

مراجعة الدرس

1 ارجع إلى محتوى الدرس.

2 ارجع إلى محتوى الدرس.

3

	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**

4

	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

$2 \times (CH) = \mathbf{C_2H_2}$

Mr بوحدة g/mol لكل من $FeSO_4$ (152) و Fe_2O_3 (160)

$$\frac{n Fe_2O_3}{n\ FeSO_4} = \frac{1}{2}$$

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

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

6 عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

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

7

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

الإثراء والتوسع

الوسادة الهوائية Air Bags

الهدف: البحث في عمل الوسادة الهوائية في السيارات الحديثة.

الإجراءات والتوجيهات:

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطرح عليهم الأسئلة التالية، ثم اطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في عمل الوسادة الهوائية، ووجِّههم الى إجابة الأسئلة الآتية:

- 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 فتنتفخ وتتضخم، وتعمل على حماية السائق.

- ما أثر الحسابات الكيميائية في استخدام كمية هواء مناسبة للوسادة؟

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

- ما المواد الكيميائية المستخدمة في الوسادة وما عملها؟

أزايد الصوديوم NaN_3 ونترات البوتاسيوم KNO_3 وعند 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؟

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$$

$$10Na(s) + 2KNO_3(s) \rightarrow K_2O(s) + 5Na_2O(s) + N_2$$

الوسادةُ الهوائيةُ Air Bags

تُستخدَمُ في السياراتِ الحديثةِ الصنعِ وسادةٌ هوائيةٌ؛ لمنعِ ارتطامِ السائقِ بمقودِ السيارةِ لحظةَ اصطدامِ السيارةِ بسيارةٍ أخرى أوْ بأيِّ جسمٍ آخرَ؛ حيثُ يتمددُ الهواءُ داخلَ الوسادةِ فتنتفخُ وتتضخمُ، وتعملُ على حمايةِ السائقِ. وفي حالةِ احتواءِ الوسادةِ على كميةٍ كبيرةٍ منَ الهواءِ فإنَّها تصبحُ قاسيةً، وهوَ ما قدْ يسببُ جروحًا بسببِ عدمِ تخفيفِ تاثيرِ الصدمةِ. وفي المقابلِ فإنَّ كميةَ الهواءِ القليلةَ تكونُ غيرَ كافيةٍ لمنعِ تأثيرِ ارتطامِ السائقِ.

ولذلكَ يستخدمُ المهندسونَ الحساباتِ الكيميائيةَ لتقديرِ الكمياتِ الدقيقةِ منَ الموادِّ الكيميائيةِ اللازمةِ للتفاعلِ داخلَ الوسادةِ؛ حتى يكونَ نظامُ الأمانِ فعالًا.

ومنَ الموادِّ المستخدمةِ في الوسادةِ الهوائيةِ مركَّبا أزايدِ الصوديومِ NaN_3، ونتراتِ البوتاسيومِ KNO_3، وعندَ حدوثِ التصادمِ تحدثُ سلسلةٌ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، منْها تحللُ مركبِ أزايدِ الصوديومِ منتجًا الصوديومَ وغازَ النيتروجينِ كما يأتي:

$$2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

حيثُ يتسببُ غازُ النيتروجينِ بانتفاخِ الوسادةِ الهوائيةِ. في حينِ تتفاعلُ نتراتُ البوتاسيومِ معَ الصوديومِ وذلكَ لمنعِ تفاعلِهِ معَ الماءِ، كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$10Na_{(s)} + 2KNO_{3(s)} \rightarrow K_2O_{(s)} + 5Na_2O_{(s)} + N_{2(g)}$$

وفي المحصلةِ فإنَّ الموادَّ الناتجةَ عنْ هذهِ التفاعلاتِ تكونُ غيرَ ضارةٍ.

في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ تركيبِ الوسادةِ الهوائيةِ وكيفيةِ عملِها، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ زملائي.

مراجعةُ الوحدةِ

1. ما المقصودُ بكلٍّ منَ المصطلحاتِ الكيميائيةِ الآتيةِ:
- المولُ.
- الكتلةُ الجزيئيةُ.
- التفاعلُ الكيميائيُّ.
- قانونُ حفظِ الكتلةِ.
- المردودُ المئويُّ للتفاعلِ.
- النسبُ المئويةُ لكتلةِ عنصرٍ في مركبٍ.

2. أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً تمثلُ:

أ . تفاعلَ عنصرِ الحديدِ الصلبِ معَ غازِ الأكسجينِ لإنتاجِ أكسيدِ الحديدِ (III) الصلبِ.

ب.تفاعلَ كربوناتِ الكالسيومِ الصلبةِ معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ لإنتاجِ كلوريدِ الكالسيومِ الصلبِ وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ والماءِ السائلِ.

جـ.تفاعلَ أيوناتِ الفضةِ معَ أيوناتِ البروميدِ؛ لتكوينِ راسبٍ منْ بروميدِ الفضةِ.

3. **أستنتجُ** الصيغةَ الأوليةَ للمركبِ في كلٍّ منَ الحالاتِ الآتيةِ:

أ . تفاعلُ 2.3 g منَ الصوديومِ معَ 8 g منَ البرومِ.

ب.تفاعلُ 0.6 g منَ الكربونِ معَ الأكسجينِ لتكوينِ 2.2 g منْ أكسيدِ الكربونِ.

4. **أستنتجُ** الصيغةَ الجزيئيةَ لمركبٍ صيغتُهُ الأوليةُ CH_2 وكتلتُهُ المولية 28 g .

5. يحترقُ عنصرُ المغنسيومِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

أ . **أحسبُ** كتلةَ المغنيسيومِ اللازمةَ لإنتاجِ 8 g منِ أكسيدِ المغنيسيومِ.

ب.**أحسبُ** كتلةَ الأكسجينِ اللازمةَ لإنتاجِ 20 g منِ أكسيدِ المغنيسيومِ.

6. **أحسبُ** عددَ المولاتِ في: 9.8 g منْ حمضِ الكبريتيكِ H_2SO_4

7. تتحللُ كربوناتُ الكالسيومِ بالحرارةِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

فإذا علمتُ أنَّ الكتلَ الذريةَ:(C = 12, O = 16, Ca = 40)

أ . **فأحسبُ** كتلةَ أكسيدِ الكالسيومِ الناتجةَ عنْ تسخينِ 50 g منْ كربوناتِ الكالسيومِ.

ب.**وأحسبُ** المردودَ المئويَّ للتفاعلِ إذا حصلْنا على 15 g فقطْ منْ أكسيدِ الكالسيومِ.

8. كربيدُ السيلكونِ SiC مادةٌ قاسيةٌ تستخدمُ في صناعةِ ورقِ الزجاجِ وحجرِ الجلخِ، ويتمُّ الحصولُ عليهِ منْ تسخينِ أكسيدِ السيلكونِ معَ الكربونِ وفقَ المعادلةِ:

$$SiO_{2(s)} + C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + CO_{(g)}$$

فإذا عُلِمَ أنَّ الكتلَ الذريةَ للعناصرِ المذكورةِ كالآتي: (C = 12, O = 16, Si = 28)

7 أ . 28 g

ب . تقريبا 54%

8 أ . $SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + 2CO(g)$

ب . 1mol

جـ . 53.3 g

د . 30%

1 ارجع إلى المحتوى.

2 المعادلات:

أ . $Fe(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s)$

ب . $CaCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$

جـ . $Ag^+(aq) + Br^-(aq) \rightarrow AgBr(s)$

3 أ . NaBr

ب . CO_2

4 $\frac{28}{14} = 2$

$2\ (CH_2) = C_2H_4$

5 أ .

$$n\ MgO = \frac{1\ mol}{40\ g} \times 8\ g = 0{,}2\ mol$$

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

$$n\ Mg = 0.2\ mol$$

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

ب .

$$n\ MgO = 0.625\ mol$$

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

$$n\ O_2 = 0.625 \times \frac{1}{2}$$

$$m\ O2 = 0.3125 \times 0.625 = 0.2\ g$$

6 0.1 mol

أ . **فازنْ** معادلةَ التفاعلِ.

ب.**أحسبْ** عددَ مولاتِ CO الناتجةِ عنْ تفاعلِ 0.5 mol منْ SiO_2

جـ.**أحسبْ** كتلةَ SiC الناتجةَ عنْ تفاعلِ 4 mol منْ ذراتِ الكربونِ.

د . **أحسبْ** النسبةَ المئويةَ لعنصرِ الكربونِ في المركبِ SiC.

9. **أصنفْ** المعادلاتِ الآتيةَ حسبَ أنواعِها: (إلى اتحادٍ، أوْ تحللٍ، أوْ إحلالٍ أحاديٍّ):

$$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$$

$$Mg_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + MgSO_{4(aq)}$$

$$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_{3(s)} + 4H_2O_{(g)} + N_{2(g)}$$

10. أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ في كلٍّ ممّا يأتي:

1. ما عددُ مولاتِ ذراتِ الأكسجينِ الموجودةِ في 1 mol منْ $AgNO_3$؟

أ . 1 ب. 2 جـ. 3 د. 4

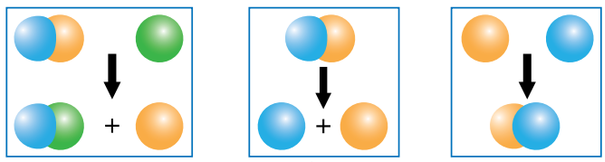
2. أيٌّ منَ الآتيةِ يعدُّ الكتلةَ المولية لمركبِ Na_2SO_4 (بوحدةِ g /mol)؟

أ . 71 ب. 119 جـ. 142 د. 183

3. تُسمّى كميةُ المادةِ الناتجةِ المحسوبةُ منَ التفاعلِ:

أ . المردودَ المتوقعَ. ب. المردودَ الفعليَّ. جـ. الكتلةَ المولية. د . المولَ.

11. **أميزُ** التفاعلاتِ الواردةَ في النماذجِ الآتيةِ وأفسرُها:



c b a

12. مركبٌ كتلتهُ 8.8 g يتكونُ فقطْ منْ عنصريْ الكربونِ والهيدروجينِ، وكتلةُ الهيدروجينِ: 1.6 g

أ .**أحسبْ** النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصريْ الكربونِ والهيدروجينِ في المركبِ.

ب.**أستنتجْ:** أيُّ الصيغتيْنِ تمثلُ المركبَ C_2H_6 أم C_3H_8؟

8 أ . $SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + 2CO(g)$

ب . 1mol

جـ . 53.3 g

د . 30%

9 على الترتيب: اتحاد ، إحلال أحادي ، تحلل

10 1 . جـ

2 . جـ

3 . أ

11 a . اتحاد (مادتان تنتجان مادة واحدة).

b . تحلل (مادة واحدة تنتج مادتين).

c . احلال احادي (استبدال ذرة محل ذرة)

12 أ . C% = 81.8 , H% = 18.2

ب . C_3H_8

الطاقةُ الكيميائيةُ
Chemical Energetics

أتأمَّلُ الصورةَ

تُستخدَمُ الطاقةُ في العديدِ منْ مجالاتِ الحياةِ اليوميةِ، كاحتراقِ الوقودِ في السياراتِ والمركباتِ الفضائيةِ، والاستخداماتِ المنزليةِ، والصناعيةِ والتعدينِ وغيرِها، وتعدُّ التفاعلاتُ الكيميائيةُ مصدرًا رئيسًا للطاقةِ في مختلفِ المجالاتِ، فما مصدرُ الطاقةِ المرافقةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ؟

الوحدة 5

الطاقةُ الكيميائيةُ
Chemical Energetics

أتأمَّل الصورة

- وجِّه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم إجابة أسئلة «أتأمل الصورة» .
- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، موضحاً لهم ما يأتي:

إن الذرات تختزن 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 يبعثها في ما يُعرف بالطاقة المرافقة للتفاعل؛ وبهذا تعد الروابط الكيميائية المصدر الأساسي للطاقة المرافقة للتفاعلات الكيميائية.

الفكرة العامة:

- اقرأ الفكرة العامة للوحدة للطلبة، أو اكتبها على اللوح، ثم مهِّد للوحدة بالحديث عن الطاقة وأشكالها واستخداماتها في مجالات الحياة اليومية، ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما مصدر الطاقة الأساسي على سطح الأرض؟

– ما مصدر هذه الطاقة؟

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

بيِّن للطلبة أن التفاعلات الكيميائية من المصادر الرئيسة للطاقة على سطح الأرض، فكثير من التفاعلات الكيميائية يرافق حدوثَها انبعاث للطاقة؛ سواءٌ أكانت حرارية، أم كهربائية، أم غيرها.

- وفي هذه الوحدة سوف ندرس الطاقة الحرارية المرافقة للتفاعلات الكيميائية، وبعض التحولات الفيزيائية للمادة.

مشروع الوحدة:

- اقترح على الطلبة تصميم مشروع حول الطاقة الكيميائية، مثل:

1. مشروع تجارب في الكيمياء: كلِّف مجموعات الطلبة بإجراء التجارب الواردة في الوحدة، وتصويرها فيديو وتحميل هذه الفيديوهات على الموقع الإلكتروني للمدرسة أو صفحتها على موقع: (الفيس بوك).
2. مشروع «العب مع الكيمياء»: كلف 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 .

الفكرةُ العامةُ:

تعدُّ التفاعلاتُ الكيميائيةُ المصدرَ الأساسيَّ لأشكالِ الطاقةِ على سطحِ الأرضِ.

الدرسُ الأولُ: تغيراتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: يرافقُ التغيراتِ الكيميائيةَ والفيزيائيةَ التي تحدثُ للموادِّ امتصاصٌ للطاقةِ أوِ انبعاثٌ لَها.

الدرسُ الثاني: الطاقةُ الممتصةُ والمنبعثةُ منَ المادةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتبادلُ الموادُّ الطاقةَ في ما بينَها وبينَ الوسطِ المحيطِ تبعًا لطبيعتِها واختلافِ درجةِ حرارتِها.

الدرسُ الثالثُ: حساباتُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ.

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

42

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **قضايا ذات العلاقة بالعمل:** التخطيط.

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

الطاقة المرافقة للتفاعل

الهدف: استكشاف الحرارة المرافقة للتفاعل.

زمن التنفيذ: 5 دقائق

إرشادات الأمن والسلامة:

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

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة ، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- تجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّها ومرشدًا ومساعدًا.
- تابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، ووضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- تأكد من أن الطلبة تمكنوا من ملاحظة ارتفاع درجة الحرارة.

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

توجيه: استثمر نتائج هذه التجربة؛ لتعريف الطلبة بالتفاعل الطارد للحرارة. واطلب إليهم الرجوع إلى الورقة الخاصة بالتجربة الاستهلالية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

التحليل والاستنتاج:

1. تؤدي إضافة محلول الحمض إلى الماء إلى: تسخين المحلول، ورفع درجة حرارته.
2. أستنتج أن تفاعل إذابة الحمض في الماء طارد للحرارة.

تجربةٌ استهلاليةٌ

الطاقةُ المرافقةُ للتفاعلِ

المـوادُّ والأدواتُ: كأسٌ زجاجيـةٌ، ميـزانٌ حـرارةٍ، مخبـارانِ مدرجـانِ، مـاءٌ مقطـرٌ، محلـولُ حمـضِ الكبريتيـكِ المركـزِ (H_2SO_4) (96%) .

إرشاداتُ السلامةِ:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ.
- أحذرُ منْ تذوقِ محلولِ حمضِ الكبريتيكِ المركزِ، أوْ لمسِهِ بيديَّ.

خطواتُ العملِ:

1. **أقيسُ**: أضعُ في الكأسِ الزجاجيةِ (20ml) منَ الماءِ المقطرِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ، وأقيسُ درجةَ حرارتِهِ، وأسجلُها.
2. **أقيسُ**: أضعُ (5ml) منْ محلولِ حمضِ الكبريتيكِ المركزِ في المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارتِهِ وأسجلُها.
3. أضيفُ ببطْءٍ محلولَ حمضِ الكبريتيكِ المركزَ إلى الكأسِ الزجاجيةِ المحتويةِ على الماءِ المقطرِ، وأحركُ المحلولَ ببطءٍ.
4. **أقيسُ**: أنتظرُ دقيقةً ثمَّ أقيسُ درجةَ حرارةِ المحلولِ الجديدِ، وأسجلُها.
5. **أُلاحِظُ** درجةَ حرارةِ الماءِ بعدَ إضافةِ محلولِ حمضِ الكبريتيكِ: هلِ ارتفعتْ أمِ انخفضتْ؟
6. **أنظمُ**: أسجلُ البياناتِ والقياساتِ، وأنظمُها في جدولٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- أصفُ التغيرَ الذي يحدثُ لدرجةِ حرارةِ الماءِ بعدَ إضافةِ محلولِ حمضِ الكبريتيكِ.

2- ماذا أستنتجُ؟

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** سلم قائمة الرصد.

الرقم	معيار الأداء	التقدير: نعم	التقدير: لا
1	يأخذ الكمية المطلوبة من الحمض بشكل دقيق.		
2	يحدد كمية الحمض في المخبار المدرج بطريقة علمية صحيحة.		
3	يسكب محلول الحمض على الماء ببطء وحذر.		
4	يقرأ مقياس درجة الحرارة بشكل صحيح.		
5	ينظم المعلومات التي يحصل عليها في جدول.		
6	يصف النتائج التغيرات في درجة الحرارة بدقة.		
7	يتوصل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.		

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية**: التعلم المتبادل.

وضِّح 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.

الدرس 1

تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية
Energy Changes in Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

الطاقة المرافقة للتفاعل الكيميائي.

● اكتب الفكرة الرئيسة على اللوح. ثم وضِّح للطلبة أن التفاعلات الكيميائية وكذلك التحولات الفيزيائية يرافق حدوثَها انبعاث للطاقة أو امتصاص لها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟

استمع لإجاباتهم، وذكِّرهم بقانون حفظ الطاقة: «الطاقة لاتفنى، ولا تستحدث ولكنها تتحول من شكل الى آخر»، وذكِّرهم بأهم العمليات الحرارية كعمليات التسخين والتبريد، وعلمية 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:

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالمحتوى الحراري؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن كثيرًا من التفاعلات يرافق حدوثَها انبعاث للطاقة الحرارية مثل تفاعلات الاحتراق، وأن مصدر هذه الطاقة هو الطاقة المخزونة في المواد، في ما يُعرف بالمحتوى الحراري (الانثالبي) الذي يرمز إليه بالحرف (H)، وأن الطاقة المرافقة للتفاعلات تُسمّى التغير في المحتوى الحراري، ويرمز إليها بالرمز (ΔH).

◄ استخدام الصور والأشكال:

● وجِّه الطلبة الى 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؟

– أي الشكلين (أ) أم (ب) قلَّت فيه طاقة المواد بعد التفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها وبيِّن لهم أن طاقة المواد المتفاعلة تتغير خلال التفاعل وبعده، وأن التفاعلات يرافق حدوثَها 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 قلَّت بعد التفاعل.

المناقشة:

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– هل يكون التغير في المحتوى الحراري (ΔH) موجبًا أم سالبًا؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، ثم بيِّن لهم أن التغير في المحتوى الحراري (ΔH) للتفاعل يكون موجبًا عند امتصاص المواد للطاقة، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر منه للمواد المتفاعلة الشكل (أ). ويكون سالبًا عند انبعاث الطاقة من التفاعل، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل منه للمواد المتفاعلة الشكل (ب).

الفكرةُ الرئيسةُ :

يرافقُ التغيراتِ الكيميائيةَ والفيزيائية التي تحدثُ للموادِّ امتصاصٌ للطاقةِ أوِ انبعاثٌ لَها.

نتاجاتُ التعلم :

- أبينُ أهميةَ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وأشكالَها، وتطبيقاتِها.
- أصنفُ التفاعلاتِ الكيميائيةَ وفقَ الطاقةِ المصاحبةِ لَها إلى ماصّةٍ وطاردةٍ.
- أوظفُ التكنولوجيا للبحثِ في الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

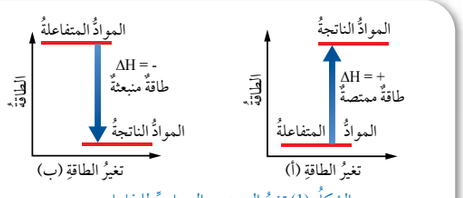
Energy	الطاقةُ
Enthalpy	المحتوى الحراريُّ
Exothermic Reactions	تفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ
Endothermic Reactions	تفاعلاتٌ ماصةٌ للحرارةِ
Fusion	الانصهارُ
Evaporation	التبخرُ
Freezing	التجمدُ
Condensation	التكاثفُ
Sublimation	التسامي
Molar Fusion Energy	طاقةُ الانصهارِ المولية
Evaporation Energy Molar	طاقةُ التبخرِ المولية

الطاقةُ المرافقةُ للتفاعلِ الكيميائيِّ:
Energy Accompaniment the Chemical Reactions

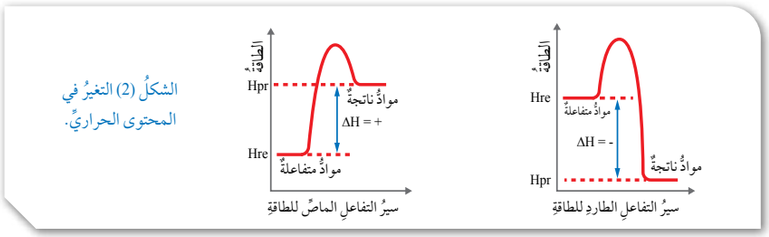
يرافقُ حدوثَ الكثيرِ منَ التفاعلاتِ انبعاثُ كمياتٍ منَ الطاقةِ مثلَ الناتجةِ عنِ احتراقِ الوقودِ (غازِ الطبخ، والفحمِ وغيرِها)، في حينِ تحتاجُ بعضُ التفاعلاتِ إلى امتصاصِ الطاقةِ حتى تحدثَ، مثلَ طهوِ الطعامِ وتفاعلاتِ البناءِ الضوئيِّ وغيرِها، ويهتمُّ الكيميائيونَ بدراسةِ تغيراتِ الطاقةِ التي ترافقُ هذهِ العملياتِ والتفاعلاتِ، فما مصدرُ هذهِ الطاقةِ؟ وكيفَ يمكنُ تمييزُ التفاعلاتِ المختلفةِ؛ وفقًا لتغيراتِ الطاقةِ التي ترافقُ حدوثَها؟

التغيرُ في المحتوى الحراريِّ(الإنثالبي): Change in Enthalpy

تحدثُ الكثيرُ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ في المختبراتِ، وفي أجسامِ الكائناتِ الحيةِ عندَ ضغطٍ ثابتٍ، ويرافقُ حدوثَها انبعاثٌ أوِ امتصاصٌ للطاقةِ، ما يشيرُ إلى تغيراتٍ تحدثُ على الطاقةِ المخزونةِ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ التي تُسمّى المحتوى الحراريَّ Enthalpy، وهوَ كميةُ الطاقةِ المخزونةِ في مولٍ منَ المادةِ، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ (H)، ويُطلَقُ على كميةِ الطاقةِ الممتصةِ أوِ المنبعثةِ خلالَ التفاعلِ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ (ΔH)، وقدْ تكونُ إشارتهُ موجبةً أوْ سالبةً؛ فإذا كانتِ الطاقةُ ممتصةً خلالَ التفاعلِ تكونُ (ΔH) ذاتَ إشارةٍ موجبةٍ (+)، أمّا إذا كانتِ الطاقةُ منبعثةً منَ التفاعلِ فتكونُ ذاتَ إشارةٍ سالبةٍ (−)، ويبينُ الشكلُ (1) مخططَ تغيرِ المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.



الشكلُ (1) تغيرُ المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.



الشكلُ (2) التغيرُ في المحتوى الحراريِّ.

يعتمدُ التغيرُ في المحتوى الحراريِّ (ΔH) على الحالةِ النهائيةِ والحالةِ الابتدائيةِ للتفاعلِ، ولا يعتمدُ على الطريقةِ التي يحدثُ بها التفاعلُ، كما يتضحُ منَ الشكلِ (2) الذي يبينُ مخططَ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ لتفاعلٍ طاردٍ للطاقةِ، وتفاعلٍ آخرَ ماصٍّ لَها.

يُلاحَظُ أنَّ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ يمثلُ الفرقَ بينَ المحتوى الحراريِّ للموادِّ الناتجةِ (H_{pr})، والمحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ (H_{re})، ويُقاسُ بالكيلوجول/ مول (kJ/mol)، ويمكنُ حسابهُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

التغيرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ =

المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ - المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلةِ.

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

أفكّرُ: كيفَ يتمُّ انتقالُ الحرارةِ منَ المدفأةِ إلى الأشخاصِ المحيطينَ بها؟

تفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ: Exothermic Reactions

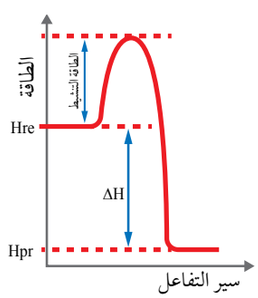
تنتقلُ الطاقةُ في كثيرٍ منَ التفاعلاتِ منَ الموادِّ المتفاعلةِ إلى الوسطِ المحيطِ مثلَ تفاعلاتِ احتراقِ الوقودِ، وتفاعلاتِ التعادلِ التي تحصلُ بينَ الحمضِ والقاعدةِ. فمثلًا عندَ احتراقِ الوقودِ في المدفأةِ تنبعثُ عنهُ طاقةٌ حراريةٌ؛ ما يفضي إلى رفعِ درجةِ حرارةِ الوسطِ المحيطِ، ويشعرُ المحيطونَ بالمدفأةِ بالدفءِ، وكذلكَ عندَ احتراقِ سكرِ الجلوكوزِ في الخلايا فإنَّهُ يزودُها بالطاقةِ اللازمةِ لأداءِ العملياتِ الحيويةِ المختلفةِ، يُطلَقُ على التفاعلاتِ التي منْ هذا النوعِ اسمُ التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ Exothermic Reactions؛ حيثُ يكونُ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ (H_{pr}) أقلَّ منَ المحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ (H_{re})، وبناءً عليهِ؛ فإنَّ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ (ΔH) للتفاعلِ يصبحُ سالبًا.

نشاط سريع التغير الفيزيائي.

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

معلومة إضافية

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، وتُعرَّف بأنها: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على التجاذب بين الذرات عند تصادمها.



استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (2) واطلب إليهم تتبع تغير الطاقة خلال سير التفاعل. ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– كيف تتغير طاقة المواد المتفاعلة خلال سير التفاعل؟

– ما التغير النهائي الذي حدث على المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؟

- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، ثم وضِّح 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.

وأنه يمثل الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة والمتفاعلة، ثم اكتب العلاقة الرياضية للتغير في المحتوى الحراري (ΔH) على اللوح.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف يمكن تصنيف التفاعلات من حيث الطاقة المرافقة لحدوثها؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن هناك تفاعلات طاردة للطاقة، وأخرى ماصة للطاقة مع ذكر بعض الأمثلة.

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– كيف تعمل المدفئة التي تعمل بالكيروسين على رفع درجة حرارة الجو المحيط؟

–كيف تحصل خلايا الجسم على الطاقة اللازمة لأدائها العمليات الحيوية المختلفة؟ وإلام تُصنف هذه التفاعلات؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، وبيِّن لهم أن احتراق الوقود يؤدي إلى انبعاث طاقة حرارية.

ثم وضِّح لهم أن احتراق سكر الجلوكوز في الخلايا هو مصدر الطاقة اللازمة للخلية.

ثم بيِّن لهم انها تفاعلات طاردة للحرارة حيث يكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل منه للمواد المتفاعلة، وأن تغير المحتوى الحراري لهذه التفاعلات يكون سالبًا.

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

◄ استخدام الصور والأشكال:

● وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3) ومعادلة تفاعل المغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك، واطلب إليهم تحديد: أيها له محتوى حراري أكبر: المواد المتفاعلة أم الناتجة؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن 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.

وبيِّن لهم أهم فوائد هذه الحرارة المنبعثة من التفاعل، واستخداماتها.

◄ المناقشة:

● اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– هل جميع التفاعلات طاردة للحرارة؟ ومتى يكون التفاعل ماصًّا لها؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم بها وبيِّن لهم أن 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 كاف من الطاقة لكسر الروابط بين الذرات، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة (H_{pr}) أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة (H_{re}). ويكون التغير في المحتوى الحراري (ΔH) موجبًا.

التدريس المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تنفيذ موضوع التعلم باستخدام برمجية (صانع الأفلام)، ومشاركته زملاءهم في الصف.

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

◄ تعزيز: مفهوم التفاعل الماص للحرارة.

● وضِّح 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.

الشكلُ (3) التفاعلُ الطاردُ للطاقةِ.

أفكِّر يُستخدَمُ تفاعلُ الثيرمايت في لحامِ قضبانِ السككِ الحديديةِ، ويتطلبُ ذلكَ تزويدَهُ بكميةٍ كبيرةٍ منَ الحرارةِ لبدءِ التفاعلِ، ورغمَ ذلكَ يُعدُّ تفاعلُ الثيرمايتِ طاردًا للحرارةِ. أفسِّرُ ذلكَ.

أعملُ فلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، يبيِّنُ التفاعلاتِ الطاردةَ والماصةَ للطاقةِ، وعلاقتَها بالمحتوى الحراريِّ، وأحرصُ على أنْ يشتملَ على رسومٍ تخطيطيةٍ لمنحنياتِ الطاقةِ، وصورٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركُهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

فمثلاً يتفاعلُ شريطُ المغنيسيوم (Mg) معَ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ (HCl) كما في الشكلِ (3)، وترتفعُ درجةُ حرارةِ المحلولِ، ما يعني أنَّ التفاعلَ طاردٌ للحرارةِ، حيثُ تنطلقُ طاقةٌ حراريةٌ منَ التفاعلِ تُسببُ رفعَ درجةِ حرارةِ المحلولِ، وهذهِ الطاقةُ تمثلُ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ (ΔH)، ويمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$Mg_{(S)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2\,(aq)} + H_{2(g)} + \text{Heat}$$

يُستفادُ منَ الحرارةِ (Heat) المنبعثةِ منَ التفاعلاتِ الطاردةِ للطاقةِ في مختلفِ مناحي الحياةِ كعملياتِ طهوِ الطعامِ، والتسخينِ، وتشغيلِ المركباتِ، والآلاتِ الصناعيةِ وغيرِها.

تفاعلاتٌ ماصّةٌ للحرارةِ: Endothermic Reactions

تحتاجُ بعضُ التفاعلاتِ إلى كميةٍ منَ الطاقةِ للتغلبِ على الروابطِ بينَ ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ؛ فتمتصُّ هذهِ الموادُّ الطاقةَ منَ الوسطِ المحيطِ؛ ممّا يسببُ انخفاضًا في درجةِ حرارةِ الوسطِ المحيطِ، مثلَ تفاعلاتِ التحللِ الحراريِّ، فمثلًا يتطلبُ تحللُ كربوناتِ الكالسيومِ ($CaCO_3$) امتصاصَ كميةٍ منَ الطاقةِ لكسرِ الروابطِ بينَ الذراتِ وتحللِ المادةِ، وكذلكَ تفاعلُ البناءِ الضوئيِّ الذي يحصلُ في النباتِ يمتصُّ الطاقةَ اللازمةَ لحدوثِهِ منْ ضوءِ الشمسِ، ويُطلَقُ على التفاعلاتِ التي منْ هذا النوعِ اسمُ التفاعلاتِ الماصّةِ للحرارةِ Endothermic Reactions، حيثُ يكونُ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ (H_{pr}) أكبرَ منَ المحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ (H_{re})، ومنْ ثَمَّ؛ فإنَّ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ (ΔH) يصبحُ موجبًا.

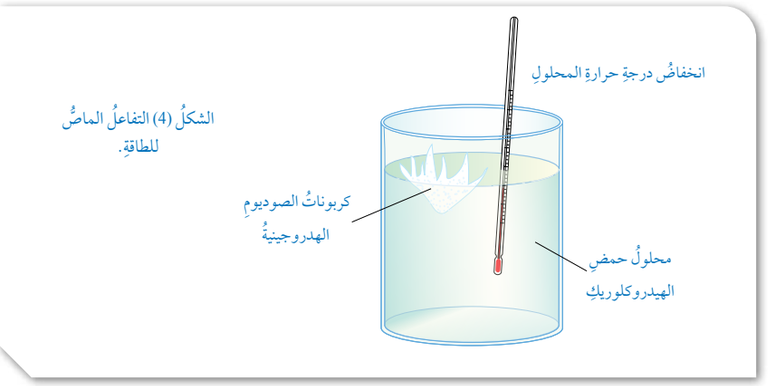
إضاءة للمُعلِّم

تفاعل الثيرمايت Thermite Reaction

اكتشف هذا التفاعل من قبل الكيميائي الألماني هانز جولدشميت عام (1895)، والثيرمايت مسحوق يتكون من أكسيد معدن مع مسحوق أحد المعادن ومن أشهر أنواعه: مسحوق الألمنيوم مع أكسيد الحديد III (Fe_2O_3). يعد تفاعل الثيرمايت من تفاعلات الإحلال الأحادي حيث يستخدم فيه الألمنيوم باعتباره وقودًا، فعند احتراق مسحوق الثيرمايت يحل الألمنيوم محل الحديد في الأكسيد؛ مما يؤدي إلى إنتاج كمية كبيرة من الطاقة تنطلق إلى الوسط المحيط، وتتسبب في رفع درجة حرارة الوسط المحيط بالتفاعل الى حوالي 2400 °C، وهذه الحرارة كافية لصهر الحديد الناتج من التفاعل ، ولذلك يستخدم تفاعل الثيرمايت في لحام قضبان السكك الحديدية، والمعادلة الآتية توضح ذلك:

$$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + Al_2O_{3(s)} + \text{HEAT}$$

ولا يقتصر مصطلح الثيرمايت على مسحوق الألمنيوم وأكسيد الحديد، وإنما يشمل كثيرًا من أنواع الفلزات مثل: المغنيسيوم، والخارصين، والتيتانيوم، وكذلك كثيرًا من الأكاسيد مثل: أكسيد البورون، واكسيد البزموث، وأكسيد السيليكون، وأكسيد المنغنيز، وغيرها.



فمثلاً لوحِظَ عندَ إضافةِ كربوناتِ الصوديومِ الهيدروجينيةِ ($NaHCO_3$) إلى محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ (HCl) انخفاضٌ في درجةِ حرارةِ المحلول، كما يبينُ الشكلُ (4)؛ الأمرُ الذي يعني أنَّ التفاعلَ امتصَّ الطاقةَ منَ المحلولِ وتسببَ في خفضِ درجةِ حرارةِ المحلولِ، وهذهِ الطاقةُ تمثلُ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ (ΔH)، ويمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$NaHCO_{3(S)} + HCl_{(aq)} + Heat \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

أبحثُ

يُستفادُ منَ التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ في عملِ الوجباتِ الساخنةِ منْ دونِ لهبٍ. مستعينًا بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ: (التسخينُ منْ دونِ لهبٍ، الوجباتُ الساخنةُ لروادِ الفضاءِ) أبحثُ كيفيةَ تحضيرِ هذهِ الوجباتِ، وأكتبُ تقريرًا بذلكَ، أوْ أصممُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوعِ، وأعرضهُ أمامَ زملائي.

أتحقَّقُ:

1- أيُّ التفاعلاتِ الآتيةِ يعدُّ ماصًّا للطاقةِ، وأيُّها يعدُّ طاردًا لَها:

أ) $C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat$

ب) $CaCO_{3(s)} + Heat \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

2- ماذا تمثلُ الطاقةُ في كلٍّ منَ التفاعليْنِ السابقيْنِ؟ وما إشارتُها؟

47

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.

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

- كيف تستدل من المعادلة أن التفاعل ماصّ للطاقة؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن 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

وجِّه 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، وعرضه أمام زملائهم.

أتحقَّق:

1) أ) التفاعل طارد للطاقة.

ب) التفاعل ماص للطاقة.

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

التجربة 1

التفاعل الطارد والتفاعل الماص للطاقة

الهدف: تمييز التفاعلات الطاردة والماصة للطاقة.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الوصف، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والادوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر، ويفضل أن تنفذ التجربة وحدك في يوم سابق.
- وزع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- تجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- تابع الطلبة اثناء تنفيذ الإجراءات، ووضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- تأكد من أنهم تمكنوا من ملاحظة تغيرات درجة حرارة المحاليل.

تنبيه: وجِّه انتباه الطلبة إلى أنه يجب اضافة 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 سبَّب ارتفاع درجة حرارة المحلول الناتج.
4. في الحالتين الأولى والثالثة: تنتقل الحرارة من التفاعل إلى الوسط المحيط؛ مما يسبب ارتفاعًا 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.

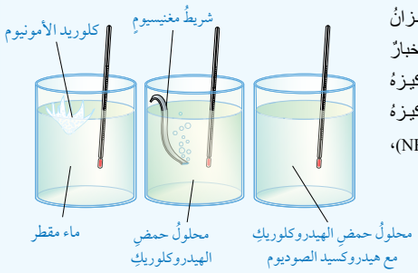
توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية او عروض تقديمية لبعض التجارب الكيميائية الممتعة المتعلقة بالكيمياء الحرارية. ويمكنك مشاركة الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس اب) أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو أية وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

التجربة 1

التفاعلُ الطاردُ للطاقةِ والتفاعلُ الماصُّ للطاقةِ

الموادُّ والأدواتُ: ثلاثُ كؤوسٍ زجاجيةٍ، ميزانُ حرارةٍ، ملعقةٌ، ميزانٌ حساسٌ، قضيبٌ زجاجيٌّ، مخبارٌ مدرجٌ، محلولُ حمضِ الهيدروكلوريكِ (HCl) تركيزهُ (0.5mol/L)، هيدروكسيدُ الصوديومِ (NaOH) تركيزهُ (0.5mol/L)، بلوراتُ كلوريدِ الأمونيومِ (NH_4Cl)، شريطٌ منَ المغنيسيومِ (2cm)، ماءٌ مقطرٌ.



إرشاداتُ السلامةِ:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ.
- أحذرُ منْ تذوقِ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ (HCl)، أوِ استنشاقِ بخارهِ.
- أحذرُ منْ لمسِ محلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ أوْ كلوريدِ الأمونيومِ أوْ تذوقِ أيٍّ منهُما.

خطواتُ العملِ:

1. **أقيسُ:** أضعُ في الكأسِ الأولى (20ml) منْ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارةِ المحلولِ في الكأسِ، وأسجلُها.
2. **أقيسُ:** أضيفُ شريطًا منَ المغنيسيومِ طولُهُ (2cm)، أحركُ المحلولَ ببطءٍ، وأقيسُ درجةَ حرارتهِ، وأسجلُها.
3. **ألاحظُ** درجةَ حرارةِ المحلولِ بعدَ إضافةِ شريطِ المغنيسيومِ؛ هلِ ارتفعتْ أمِ انخفضتْ؟
4. **أقيسُ:** أضعُ في الكأسِ (20ml) باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارةِ الماءِ، وأسجلُها.
5. **أزنُ:** باستخدامِ الميزانِ الحساسِ أزنُ (5g) منْ كلوريدِ الأمونيومِ، وأضيفُها إلى الكأسِ، وأحركُ المحلولَ ببطءٍ، **وأقيسُ** درجةَ حرارةِ المحلولِ، وأسجلُها.
6. **ألاحظُ** درجةَ حرارةِ الماءِ بعدَ إضافةِ كلوريدِ الأمونيومِ؛ هلِ ارتفعتْ أمِ انخفضتْ؟
7. **أقيسُ.** أضعُ في الكأسِ الثالثةِ (20ml) منْ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارتهِ وأسجلُها.
8. **أقيسُ:** أضيفُ إلى الكأسِ (20ml) منْ محلولِ هيدروكسيدِ الصوديومِ، وأحركُ المحلولَ ببطءٍ، وأقيسُ درجةَ حرارتهِ وأسجلُها.
9. **ألاحظُ** درجةَ حرارةِ المحلولِ بعدَ إضافةِ هيدروكسيدِ الصوديومِ؛ هلِ ارتفعتْ أمِ انخفضتْ؟
10. **أنظمُ:** أسجلُ البياناتِ والقياساتِ، وأنظمُها في جدولٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أصفُ** التغيرَ الذي يحدثُ لدرجةِ حرارةِ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ بعدَ تفاعلهِ معَ شريطِ المغنيسيومِ. ماذا أستنتجُ؟

2- **أصفُ** التغيرَ الذي يحدثُ لدرجةِ حرارةِ الماءِ بعدَ تفاعلهِ معَ كلوريدِ الأمونيومِ. ماذا أستنتجُ؟

3- **أصفُ** التغيرَ الذي يحدثُ لدرجةِ حرارةِ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ بعدَ إضافةِ هيدروكسيدِ الصوديومِ. ماذا أستنتجُ؟

4- **أفسرُ** التغيرَ الذي يحصلُ لدرجةِ الحرارةِ في كلِّ حالةٍ.

إجابة سؤال الشكل (5):

عمليتا الانصهار والتبخر وكذلك عملية التسامي يتطلب حدوثها تزويدها بكمية كافية من الحرارة، ومن ثَم فهي عمليات ماصة للحرارة.

بينما عمليتا التجمد والتكاثف يسبب حدوثهما انبعاثًا للحرارة، ما يعني أنهما عمليتان طاردتان للحرارة.

معلومة إضافية

قوى التجاذب بين الجزيئات

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 تتعرف هذه القوى في الصف اللاحق.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم وجِّه إليهم السؤال الآتي:

– كيف يجري تحول المادة من حالة إلى أخرى في الشكل؟

– هل يرافق حدوثَ هذه العمليات تغير في التركيب الكيميائي للمادة ؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها، وبيِّن لهم أن هذه التغيرات في الحالة الفيزيائية للمادة تحدث بتغيير درجة الحرارة، والضغط المؤثر على المادة في حالة المادة الغازية. وأن التركيب الكيميائي للمادة لا يتغير خلال هذه العمليات، إنما تتغير فقط حالتها الفيزيائية، ويرافق ذلك امتصاص المادة للطاقة او انبعاثها منها.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالانصهار؟

– كيف تحدث هذه العملية؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها مبينًا لهم أن:

الانصهار: تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة، حيث يتطلب ذلك تزويد المادة بكمية كافية من الطاقة للتغلب على التجاذب بين جزيئات المادة أو ذراتها؛ لتتحول إلى الحالة السائلة.

بناء المفهوم:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بطاقة الانصهار المولية؟

- وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة تحول الجليد إلى ماء سائل، وبيِّن لهم بالاعتماد على المعادلة أن انصهار مول من الماء الصلب (الجليد) وتحوُّله إلى مول من الماء السائل يتطلب تزويده بكمية من الطاقة تساوي (6.01kJ)، وهذه الكمية من الطاقة تُعرف (بطاقة الانصهار المولية للماء).
- وضِّح لهم أن كمية الطاقة اللازمة لتحول مول من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة تُسمى (طاقة الانصهار المولية للمادة).

◄ المناقشة:

● اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالتبخر؟ وكيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التبخر المولية؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها، وبيِّن لهم مفهوم التبخر مستعينًا بالشكل المرفق في الهامش، وبيِّن لهم أن عملية التبخر تتطلب تزويد المادة بكمية كافية من الحرارة؛ للتغلب على التجاذب بين جزيئات المادة أو ذراتها؛ لتتحول إلى الحالة الغازية.

ثم وظِّف معادلة تبخر الماء لتوضيح طاقة التبخر المولية. ووضِّح لهم المقصود بطاقة التبخر المولية للمادة.

◄ المناقشة:

● اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بعملية التجمد؟ وكيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التجمد المولية؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم بها، ثم بيِّن لهم المقصود بالتجمد ووضِّح لهم أنها تتطلب خفض درجة حرارة المادة وفقدها للطاقة؛ مما يزيد من التجاذب بين جزيئاتها أو ذراتها لتتحول إلى الحالة الصلبة. ثم وضِّح لهم المقصود بطاقة التجمد المولية للمادة.

طريقة أُخرى للتدريس — الطاقةُ والحالةُ الفيزيائيةُ للمادة

● العمل في مجموعات:

– قسِّم الطلبة إلى مجموعات.

– كلِّف كل مجموعة بدراسة إحدى التحولات الفيزيائية للمادة أو اثنتين منها.

– اطلب إلى المجموعات توزيع الأدوار بينهم .

– اطلب إلى المجموعات تعيين مؤقت للمجموعة.

– اطلب إلى المجموعة تعيين ملخص.

– يقدم أفراد المجموعة شرحًا توضيحيًّا للعملية (بحيث يتحدث كل فرد منها عن جزئية محددة).

– يقدم احد افراد المجموعة ملخصًا للحالة الفيزيائية لمجموعته.

– بعد تقديم المجموعات مهامَّها، استمع لأسئلة الطلبة، وأدر نقاشًا حول هذه التساؤلات، وقدم لهم إجابات عليها.

التبخرُ Evaporation:

عمليةُ تحولِ المادةِ منَ الحالةِ السائلةِ إلى الحالةِ الغازيةِ، حيثُ تصبحُ جزيئاتُ المادةِ أوْ ذراتُها أكثرَ قدرةً على الحركةِ؛ ما يتطلبُ تزويدَها بكميةٍ منَ الطاقةِ الحراريةِ تعملُ على تحريرِ الجزيئاتِ أوِ الذراتِ منْ قوى الترابطِ بينَها في الحالةِ السائلةِ، وبذلكَ، فهيَ عمليةٌ ماصةٌ للطاقةِ؛ حيثُ تستمدُّ المادةُ الطاقةَ الحراريةَ اللازمةَ منَ الوسطِ المحيطِ، وهذا يفسرُ الشعورَ بالبرودةِ أوِ القشعريرةِ بعدَ الاستحمامِ، إذْ يتبخرُ الماءُ عنْ سطحِ الجسمِ مستمِدًّا الطاقةَ الحراريةَ اللازمةَ لذلكَ منَ الجلدِ؛ ما يخفِّضُ حرارةَ الجسمِ ويُحدِثُ الشعورَ بالبرودةِ، ويُطلَقُ على كميةِ الطاقةِ اللازمةِ لتبخيرِ مولٍ منَ المادةِ عندَ درجةِ حرارةٍ معينةٍ طاقةَ التبخرِ المولية Molar Evaporation Energy، ولكلِّ مادةٍ طاقةُ تبخرٍ خاصةٌ بِها؛ فطاقةُ التبخرِ المولية للماءِ مثلاً تساوي: (40.7 kJ)، ويمكنُ التعبيرُ عنْها بالمعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$H_2O_{(l)} + 40.7\ kJ \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

التجمدُ Freezing:

عمليةُ تحوُّلِ المادةِ السائلةِ إلى صلبةٍ عنْ طريقِ تبريدِها بخفضِ درجةِ حرارتِها؛ ممّا يقللُ منْ حريةِ حركةِ الجزيئاتِ أوِ الذراتِ، ويزيدُ منْ تجاذبِها وتماسكِها، وهذا يتطلبُ فقدانَها كميةً منَ الطاقةِ، ويُطلَقُ على هذهِ العمليةِ: التجمدُ Freezing، وكميةُ الطاقةِ الناتجةُ عنْ تجمدِ مولٍ منَ المادةِ عندَ درجةِ حرارةٍ معينةٍ تساوي الطاقةَ اللازمةَ لصهرِها عندَ درجةِ الحرارةِ نفسِها. فمثلًا يتجمدُ الماءُ ويتحولُ إلى جليدٍ عندَ درجةِ صفرٍ سليسيوس وفي الوقتِ نفسهِ ينصهرُ الجليدُ ويتحولُ إلى الماءِ السائلِ عندَ درجةِ الحرارةِ نفسِها، فإذا تمَّ تجميدُ مولٍ منَ الماءِ وتحويلهُ إلى جليدٍ تنطلقُ نتيجةً لذلكَ كميةٌ منَ الطاقةِ تساوي (6.01 kJ)، وتُسمّى طاقةَ التجمدِ المولية Molar Freezing Energy.

أفكِّرُ تلعبُ عمليةُ التبخرِ دورًا مهمًّا في الحفاظِ على درجةِ حرارةِ سطحِ الأرضِ وتوزيعِ الحرارةِ عليهِ، أوضحُ ذلكَ.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

● يطلق بعض الطلبة على عملية الانصهار اسم الذوبان. وفي الواقع هما عمليتان مختلفتان، فعملية الانصهار عملية فيزيائية تحتفظ المادة خلالها بخواصها الكيميائية وتفقد العديد 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.

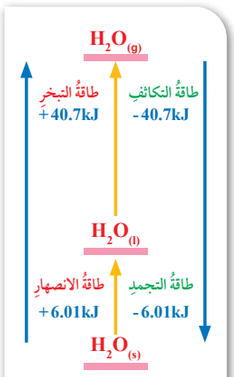
أفكِّرُ عند تبخر المياه من المسطحات المائية فإنها تمتص الحرارة من أشعة الشمس والوسط المحيط، وتختزن هذه الطاقة في بخار الماء الذي ترتفع درجة حرارته وتقل كثافته ويرتفع للأعلى ويتحرك مع الرياح وعند وصوله إلى طبقات الجو العليا الأقل حرارة فإنه يبرد ويتكاثف ويفقد تلك الطاقة، وبهذا فإنه يساعد على نقل الطاقة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

التكاثفُ Condensation:

يتكاثفُ الغازُ ويتحولُ إلى سائلٍ عندَ زيادةِ الضغطِ المؤثرِعليهِ وخفضِ درجةِ حرارتِهِ؛ مما يتيحُ تقاربَ جزيئاتِ الغازِ منْ بعضِها بالقدرِ الذي يسمحُ بتجاذبِها وتحولِها إلى سائلٍ، ويُطلَقُ على هذهِ العمليةِ التكاثفُ Condensation، وهذا أيضًا يسببُ انبعاثَ طاقةٍ حراريةٍ. وتُسمّى كميةُ الطاقةِ المنبعثةُ عندَ تكاثفِ مولٍ منَ الغازِعندَ درجةِ الغليانِ: طاقةَ التكاثفِ المولية Molar Condensing Energy، وهيَ تساوي طاقةَ التبخرِ المولية. وهكذا نجدُ أنَّ عمليتيْ التجمدِ والتكاثفِ هما تحولاتٌ طاردةٌ للطاقةِ الحراريةِ.

التسامي Sublimation:

تحولُ المادةِ منَ الحالةِ الصلبةِ إلى الحالةِ الغازيةِ دونَ المرورِ بالحالةِ السائلةِ، وهذا يتطلبُ تزويدَ المادةِ بالطاقةِ اللازمةِ لتكسيرِ الروابطِ بينَ جزيئاتِها أوْ ذراتِها، ويصبحُ التجاذبُ بينَها ضعيفًا جدًّا فتتحولُ إلى الحالةِ الغازيةِ، فتَسامي مولٍ منَ الجليدِ مثلاً يتطلبُ تزويدَهُ بمقدارٍ منَ الطاقةِ يساوي (46.71 kJ)، وكميةُ الطاقةِ هذهِ تساوي مجموعَ كميةِ الطاقةِ اللازمةِ في ما لو جرى تحويلهُ إلى الحالةِ السائلةِ ثمَّ إلى الحالةِ الغازيةِ، ويبينُ الشكلُ (6) تغيراتِ الطاقةِ المصاحبةَ لتحولاتِ الماءِ في الحالاتِ الثلاثِ.



الشكلُ (6) تحولاتُ الطاقةِ الخاصةُ بحالاتِ الماءِ.

أتحقَّقُ:

أيُّ التحولاتِ الفيزيائيةِ الآتيةِ يرافقهُ انبعاثٌ للحرارةِ؟ وأيُّها يرافقهُ امتصاصٌ لَها:

أ) جفافُ الملابسِ بعدَ غسلِها ونشرِها وتعريضِها لأشعةِ الشمسِ.

ب) انصهارُ الكتلِ الجليديةِ أيامَ الربيعِ في المناطقِ الشماليةِ منَ الكرةِ الأرضيةِ.

جـ) تكوُّنُ الصقيعِ (الجليدِ) في ليالي الشتاءِ الباردةِ.

أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ (Scratch) عرضًا يوضحُ دورةَ الماءِ في الطبيعةِ وتحولاتِ الطاقةِ المرافقةِ لحدوثِها، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

التدريس المدمج:

وجِّه الطلبة إلى تصميم دورة الماء في الطبيعة باستخدام برنامج السكراتش، ومشاركته زملاءهم في الصف.

إضاءة للمُعلِّم

الحرارة الكامنة للتصعيد

عند تسخين الماء إلى درجة الغليان فإنه يستمر بالتبخر 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.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالتكاثف ؟

– كيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التكاثف المولية؟

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

بناء المفهوم:

- وجِّه انتباه الطلبة إلى أنه يمكن ملاحظة تصاعد البخار من الثلج المتراكم عند ظهور الشمس في أيام الشتاء، وبيِّن لهم أن الجليد أو الثلج يتحول من الحالة الصلبة مباشرة إلى الحالة الغازية بعملية تسمى تسامي الجليد، ووضِّح لهم هذه العملية.
- وظِّف الشكل (6) لتوضيح عملية التسامي بصفتها عملية فيزيائية تكتسب فيها المادة كمية كافية من الحرارة تساوي مجموع كمية الحرارة اللازمة للانصهار، وكمية الحرارة اللازمة للتبخر.

أتحقَّقُ:

أ): تمتص جزيئات الماء المتشربة داخل الملابس الطاقة الشمسية (الحرارية)؛ مما يسبب تبخرها ومغادرتها للملابس، ومن ثَم يسبب جفافها.

ب): عند سقوط أشعة الشمس على الكتل الجليدية فإنها تمتص الطاقة الشمسية (الحرارية)؛ مما يسبب انصهارها.

جـ): في ليالي الشتاء الباردة عند انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر السيليزي، تبرد اليابسة بسرعة أكبر من الماء الموجود عليها وتنخفض درجة حرارتها، بينما يفقد الماء الحرارة بسرعة أقل وتبقى درجة حرارته أعلى من اليابسة؛ مما يسبب انتقال الحرارة من الماء إلى اليابسة وتنخفض درجة حرارته إلى حد كاف للتجمد وتكوُّن الصقيع.

الربط مع الحياة: الكمادات الباردة والساخنة

- وجِّه الطلبة إلى دراسة موضوع الكمادات الباردة والساخنة، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما علاقة التفاعلات الكيميائية بعمل الكمادات الباردة أو الساخنة على حد سواء؟

تقبَّل إجابات الطلبة وناقشهم فيها ، وبيِّن لهم أثر التفاعل الكيميائي في عمل الكمادات الباردة والساخنة، مبينًا أهم المواد الكيميائية التي تستخدم في صناعة الكمادات الباردة، وكذلك المواد الكيميائية التي تستخدم في صناعة الكمادات الساخنة. وبيِّن أهم المجالات التي تستخدم فيها هذه الكمادات.

أبحثُ

وجِّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلماتِ المفتاحيةِ (الطاقة المرافقة للتفاعلات، أشكال الطاقة الكيميائية، الطاقة والتنفس) ثم كتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وناقشهم فيه.

نتائج متوقعة:

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

أبحثُ

لعلكَ لاحظتَ أنَّ التحولاتِ الفيزيائيةَ في حالةِ المادةِ يرافقُها امتصاصٌ أوِ انبعاثٌ للطاقةِ الحراريةِ، فهلْ جميعُ التحولاتِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ للموادِّ يرافقُها طاقةٌ حراريةٌ دائمًا؟

مستعينًا بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ: (الطاقةُ المرافقةُ للتفاعلاتِ، أشكالُ الطاقةِ الكيميائيةِ، الطاقةُ والتنفسُ) أبحثُ عنْ أشكالٍ أخرى للطاقةِ ترافقُ التغيراتِ الكيميائيةَ والفيزيائيةَ للمادةِ، وأكتبُ تقريرًا بذلكَ، أوْ أصممُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوعِ، وأعرضهُ أمامَ زملائي.

الربطُ معَ الحياةِ: الكمادَاتُ البارِدةُ والساخِنةُ

يتعرضُ الرياضيونَ للإصاباتِ والكدماتِ أثناءَ المبارياتِ الرياضيةِ أوْ أثناءَ التدريباتِ، وقد استُفيد منَ التفاعلاتِ الماصةِ والتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ في صناعةِ ما يُسمّى بالكماداتِ الفوريةِ التي تُستخدَمُ للتخفيفِ منَ الآلامِ الناتجةِ عنْ هذهِ الإصاباتِ، وهيَ تتكونُ منْ كيسٍ بلاستيكيٍّ يحتوي على مادةٍ كيميائيةٍ بالإضافةِ إلى كيسٍ صغيرٍ منَ الماءِ، وعندَ الضغطِ على الكمادةِ ينفجرُ كيسُ الماءِ بداخلِها ويختلطُ بالمادةِ الكيميائيةِ ويعملُ على إذابتِها، ويرافقُ ذلكَ انبعاثُ طاقةٍ حراريةٍ ترفعُ درجةَ حرارةِ المحلولِ، وتتكونُ الكمادةُ الساخنةُ، وعادةً يُستخدَمُ كلوريدُ الكالسيومِ أوْ كبريتاتُ المغنيسيومِ في هذهِ الكماداتِ. وقد يُستخدَمُ في الكمادةِ مادةُ نتراتِ الأمونيومِ التي تؤدي إذابتُها في الماءِ إلى امتصاصِ طاقةٍ حراريةٍ منَ الوسطِ المحيطِ، ويؤدي إلى انخفاضِ درجةِ حرارةِ المحلولِ، وتتكونُ الكمادةُ الباردةُ، وبهذا يمكنُ استخدامُ النوعِ المناسبِ منَ الكماداتِ ضمنَ عملياتِ الإسعافِ الأوليةِ التي يقدمُها الاختصاصيونَ المرافقونَ للفريقِ أثناءَ المبارياتِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية:** المشاركة

بيِّن للطلبة أن المشاركة تعد عنصرًا أساسيًّا في التفاعل الاجتماعي وهي المسؤولة عن تعزيز الروابط الاجتماعية، وان للمشاركة اشكالًا متعددة منها المشاركة في المعرفة، ولذلك من الضروري مشاركة الطلبة لبعضهم البعض بالمعرفة التي يتوصلوا اليها من خلال عمليات البحث؛ مما يساعد على تعزيز علاقاتهم ببعض، وينميها ويوسِّع نطاق البحث والفائدة.

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما المقصودُ بكلٍّ ممّا يلي:

- المحتوى الحراريُّ.
- التفاعلُ الماصُّ للحرارةِ.
- التفاعلُ الطاردُ.
- طاقةُ التبخرِ المولية.
- طاقةُ التكاثفِ المولية.

2 – **أحسبُ المتغيراتِ:** إذا كانَ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ لتفاعلٍ ما (120kJ)، وللموادِّ المتفاعلةِ (80kJ)، فكمْ يكونُ التغيرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ؟ وما إشارتهُ؟

3 – **أفسرُ:** التغيرُ في المحتوى الحراريِّ لبعضِ التفاعلاتِ يكونُ سالبًا (ΔH).

4 – **أُصنِّفُ** التفاعلاتِ الماصةَ للحرارةِ والتفاعلاتِ الطاردةَ لَها:

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 65.2kJ$$

$$2NaHCO_{3(S)} + 85kJ \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

5 – **أفسرُ:**

أ) الانخفاضَ النسبيَّ لدرجةِ حرارةِ الهواءِ الملامسِ لسطحِ الأرضِ أثناءَ انصهارِ الثلجِ في أيامِ الشتاءِ.

ب) تُستخدَمُ الكمادةُ الباردةُ للمساعدةِ على خفضِ درجةِ حرارةِ الأطفالِ الذينَ يعانونَ منَ الحمّى.

6 – **أحسبُ المتغيراتِ:** إذا كانَ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ عنْ تفاعلٍ ما (140 kJ)، والتغيرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ (60 kJ-)، فكمْ يكونُ المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلةِ ؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير:** التحليل

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

3 التقويم

مراجعة الدرس

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

التفاعل الماص للحرارة: تفاعلات يتطلب حدوثها امتصاص كمية من الطاقة الحرارية؛ للتغلب على الروابط بين دقائق 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.

2 $\Delta H = (H_{pr}) - (H_{re})$

$\Delta H = 120kJ - 80kJ = 40kJ$

وتكون إشارته موجبة.

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

4 **التفاعل الأول:** طارد للحرارة

التفاعل الثاني: ماصّ للحرارة

5 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 الملامس لسطح الأرض.

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

6 $\Delta H = (H_{pr}) - (H_{re})$

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

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

الدرس 2

الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة
Absorbed and Emitted Energy of Matter

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

تبادل الطاقة بين المادة والمحيط:

- قدِّم الفكرة الرئيسة للدرس، واكتبها على اللوح.
- وضِّح للطلبة أن المواد تتبادل الطاقة في ما بينها؛ تبعًا لطبيعتها واختلاف درجة حرارتها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- وجِّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– ما طرائق انتقال الحرارة؟

استمع لإجابات الطلبة، وذكِّرهم بطرائق انتقال الحرارة (التوصيل والحمل والإشعاع)، وأنه يمكن للمادة أن تكتسب الحرارة أو تفقدها؛ تبعًا لدرجة حرارتها، ودرجة حرارة الوسط الذي توجد فيه.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، واطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تنتقل الحرارة في كل من: التفاعلين الطارد للحرارة والماص لها؟

- استمع لإجابات الطلبة، ثم بيِّن لهم أن: المادة تتبادل الطاقة مع الوسط المحيط؛ تبعًا لدرجة حرارتها ودرجة حرارة الوسط المحيط، فالحرارة تنتقل من الوسط الأعلى درجة حرارة الى الوسط الأقل درجة حرارة. ووضِّح لهم اتجاه انتقال الحرارة في التفاعل الماص والتفاعل الطارد، وأثر ذلك على درجة حرارة المادة والوسط المحيط.
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(8)، واطرح عليهم السؤال الآتي:

– إذا سُخِّنَت كمية معينة من الماء مدة معينة باستخدام البرافين السائل؛ ماذا تتوقع أن يحدث لدرجة حرارة الماء؟ وما سبب ذلك؟

- استمع لإجابات الطلبة، ووضِّح لهم: أنه سوف ترتفع درجة حرارة الماء، وسبب ذلك أن احتراق الوقود

الفكرةُ الرئيسةُ :

تتبادلُ المـوادُّ الطاقـةَ فـي ما بينَـها وبينَ الوسطِ المحيطِ؛ تبعًا لطبيعتِها واختلافِ درجةِ حرارتِها.

نتاجاتُ التعلمِ :

- أحسبُ كميةَ الطاقـةِ التي تمتصُّها أوْ تصدرُها المادةُ.
- أجري تجاربَ عمليـةً حولَ الطاقةِ الممتصةِ والمنبعثةِ منَ المادةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

السعةُ الحراريةُ	Heat Capacity
الحرارةُ النوعيةُ	Specific Heat
حالةُ المادةِ	Matter State
المُسعِرُ	Calorimetry
الحرارةُ الممتصةُ	Heat Absorbed
الحرارةُ المنبعثةُ	Heat Emitted

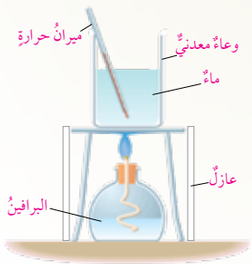
تبادلُ الطاقةِ بينَ المادةِ والمحيطِ:
Energy Exchange between Matter and the Surrounding

تتبادلُ الموادُّ المختلفةُ الحرارةَ معَ الوسطِ المحيطِ بِها، حيثُ تنتقلُ الحرارةُ عادةً منَ المادةِ ذاتِ درجةِ الحرارةِ العليا إلى المادةِ ذاتِ درجةِ الحرارةِ الدنيا، ولعلكَ تلاحظُ أنَّهُ عندَ تسخينِ كأسٍ تحتوي كميةً منَ الماءِ، فإنَّ الماءَ سوفَ ترتفعُ درجةُ حرارتِهِ، وعندَ وضعِ الكأسِ في الهواءِ لفترةٍ وجيزةٍ سوفَ تنخفضُ درجةُ حرارةِ الماءِ بداخلِهِ، ويرجعُ السببُ في ذلكَ إلى أنَّهُ فقدَ كميةً منْ طاقتِهِ الحراريةِ وانتقلتْ إلى الوسطِ المحيطِ بِهِ (الهواءِ)؛ ممّا يسببُ انخفاضًا في درجةِ حرارةِ الماءِ، ويبينُ الشكلُ (7) عمليةَ تبادلِ الحرارةِ بينَ الموادِّ والوسطِ المحيطِ بِها.

الشكلُ (7) تبادلُ الطاقةِ بينَ المادةِ والوسطِ المحيطِ.

تعدُّ تفاعلاتُ احتراقِ الوقودِ منَ التفاعلاتِ الطاردةِ للطاقةِ الحراريةِ؛ فمثلًا عندَ تسخينِ كميةٍ معينةٍ منَ الماءِ باستخدامِ البرافينِ السائلِ (الكازِ)، فإنَّ الحرارةَ الناتجةَ عنِ الاحتراقِ سوفَ تنتقلُ إلى الماءِ مسببةً رفعَ درجةِ حرارتِهِ، كما في الشكلِ (8).

ومنَ الجديرِ بالذكرِ أنَّ ارتفاعَ درجةِ حرارةِ الماءِ خلالَ فترةٍ زمنيةٍ معينةٍ منَ التسخينِ يعدُّ مؤشرًا على كميةِ الحرارةِ الناتجةِ عنِ الاحتراقِ، معَ مراعاةِ أنَّ جزءًا قليلًا منَ الحرارةِ الناتجةِ عنِ الاحتراقِ سوفَ ينتقلُ إلى الهواءِ المحيطِ، وتختلفُ كميةُ الحرارةِ الناتجةُ عنِ الاحتراقِ باختلافِ نوعِ الوقودِ المستخدمِ، كذلكَ تختلفُ الموادُّ في قدرتِها على امتصاصِ الحرارةِ باختلافِ نوعِ المادةِ وطبيعتِها. ولفهمِ هذهِ التغيراتِ سوفَ نتعرفُ بعضَ المفاهيمِ الخاصةِ بالحرارةِ، مثلَ: السعةِ الحراريةِ، والحرارةِ النوعيةِ.



الشكلُ (8) قياسُ الحرارةِ الناتجةِ عنِ احتراقِ الوقودِ.

تفاعل طارد للحرارة، وأن الماء سوف يمتص الحرارة الناتجة عن الاحتراق؛ ما يسبب الارتفاع في درجة حرارته، وأن مقدار الارتفاع في درجة حرارة الماء يعد مؤشرًا على كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق التي تختلف؛ باختلاف الوقود المستخدم.

نشاط سريع جهِّز موقدي اشتعال وضع في أحدهما كمية من البرافين السائل، وفي الآخر كمية مماثلة من الكحول الايثيلي، ضع في كأسين زجاجيتين 200 ml من الماء، اطلب إلى مجموعة من الطلبة تسخين الكأس الأولى على موقد البرافين ومجموعة اخرى تسخين الكأس الثانية على موقد الكحول، وقياس درجة الحرارة بعد دقيقتين بالضبط. واطلب إليهم ملاحظة اختلاف درجة حرارة الماء في الكأسين.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

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

السعةُ الحراريةُ Heat Capacity

عندَ تعريضِ المادةِ للحرارةِ فإنَّها سوفَ تمتصُّ كميةً منَ الحرارةِ وترتفعُ درجةُ حرارتِها، وتُسمّى كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ المادةِ درجةً سيليزيةً واحدةً: السعةَ الحراريةَ، يُرمَزُ إليْها بالرمزِ (C)، وهيَ تعتمدُ على كتلةِ المادةِ ومقدارِ التغيرِ في درجةِ حرارتِها، وتُقاسُ بوحدةِ جول/ درجة سيليزية (J/°C)، ويمكنُ قياسُ كميةِ الحرارةِ التي تمتصُّها المادةُ عندَ تسخينِها أوِ التي تنبعثُ منْها عندَ تبريدِها باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

q: كميةُ الحرارةِ الممتصةِ أوِ المنبعثةِ (J)

C: السعةُ الحراريةُ للمادةِ (J/°C)

Δt: التغيرُ في درجةِ الحرارةِ (درجةُ الحرارةِ النهائيةُ – درجةُ الحرارةِ الابتدائيةُ)

الحرارةُ النوعيةُ Specific Heat:

تعدُّ الحرارةُ النوعيةُ منَ الخصائصِ المميزةِ للمادةِ، وتُعرَّفُ بأنَّها كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ غرامٍ واحدٍ منَ المادةِ درجةً سيليزيةً واحدةً عندَ ضغطٍ ثابتٍ. وتُقاسُ بوحدةِ (جول/ جرام. درجة سيليزية) أوْ (J/g.°C)، فمثلاً الحرارةُ النوعيةُ للماءِ تساوي (4.18 J/g.°C)، وهذا يعني أنَّهُ لرفعِ درجةِ حرارةِ غرامٍ واحدٍ من الماءِ درجةً سيليزيةً واحدةً فإنَّ الغرامَ الواحدَ يمتصُّ طاقةً حراريةً مقدارُها (4.18J)، بينَما الحرارةُ النوعيةُ للحديدِ تساوي (0.45 J/g.°C)، وهذا يعني أنَّهُ لرفعِ درجةِ حرارةِ غرامٍ واحدٍ منَ الحديدِ درجةً سيليزيةً واحدةً، فإنَّهُ يمتصُّ طاقةً حراريةً مقدارُها (0.45J)، وهذا أقلُّ بكثيرٍ منَ الحرارةِ التي يمتصُّها غرامٌ واحدٌ منَ الماءِ لتزدادَ درجةُ حرارتِهِ درجةً سيليزيةً واحدةً، أيْ أنَّهُ كلَّما قلَّتِ الحرارةُ النوعيةُ للمادةِ فإنَّها تمتصُّ كمياتٍ قليلةً منَ الحرارةِ، تؤدي إلى زيادةٍ ملحوظةٍ في درجةِ حرارتِها.

الربطُ معَ الأحياءِ

الحرارةُ النوعيةُ للماءِ وعلمُ الأحياء: تُقدَّرُ الحرارةُ النوعيةُ للماءِ بحوالي (4.18J/g.°C) وبهذا يُعدُّ الماءُ أكثرَ الموادِّ حرارةً نوعيةً في الطبيعةِ، وحيثُ إنَّهُ يشكلُ حوالي (70%) منْ أجسامِ الكائناتِ الحيةِ، فإنَّها لا تتأثرُ بتغيراتِ درجةِ الحرارةِ ليلًا ونهارًا صيفًا وشتاءً، فتبقى درجةُ حرارتِها ثابتةً؛ الأمرُ الذي يحافظُ على حياةِ الكائناتِ الحيةِ. وكذلكَ بالنسبةِ إلى مياهِ البحارِ والمحيطاتِ التي تتعرضُ لأشعةِ الشمسِ بشكلٍ كبيرٍ فإنَّ درجةَ حرارتِها لا تتأثرُ كثيرًا، ولا ترتفعُ درجةُ حرارتِها بشكلٍ كبيرٍ؛ ممّا يجعلُها بيئةً مناسبةً لحياةِ الكثيرِ منَ الكائناتِ البحريةِ التي تعيشُ في هذهِ المياهِ سواءٌ الأسماكُ بانواعِها أمِ النباتاتُ.

طريقة أخرى للتدريس — **الطاولة المستديرة**

- وزِّع الطلبة الى مجموعتين تشكل كل منهما طاولة مستديرة.
- مرر 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 اطلب إليهم التوقف، ثم أدر نقاشًا بينهم حول إجاباتهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة للسؤالين.

◄ تعزيز: مفهوم الحرارة النوعية.

- وضِّح للطلبة أن المادة ذات الحرارة النوعية الأعلى تحتاج كمية كبيرة من الحرارة لرفع درجة حرارتها. وتحتاج وقتًا أطول لتفقد الحرارة التي اكتسبتها، بينما المادة ذات الحرارة النوعية الأقل فإنها تحتاج كمية قليلة من الحرارة لرفع درجة حرارتها ولكنها تخسر الحرارة التي اكتسبتها في زمن أقل أو أقصر.

◄ بناء المفهوم:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ماذا يحدث نتيجة لتعريض المادة للتسخين؟

استمع لإجابات الطلبة، ووضِّح لهم أن تسخين المادة يؤدي إلى تزويدها بكمية من الحرارة، وأن كمية الحرارة التي تكتسبها المادة، وتؤدي إلى رفع درجة حرارتها درجة سيليزية واحدة تسمى السعة الحرارية للمادة. وبيِّن لهم العوامل التي تعتمد عليها، واكتب على اللوح كيفية حساب كمية الحرارة التي يمكن أن تكتسبها أو تفقدها المادة.

الربطُ معَ الأحياءِ

وجِّه للطلبة الى دراسة موضوع الربط مع الأحياء، ثم وجِّه اليهم السؤال الآتي: لماذا لا يتأثر جسم الإنسان بتقلبات الجو بدرجة كبيرة مثل المعادن؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن جسم الإنسان يحتوى هلى الماء بنسبة (70٪)، ونظرًا لارتفاع الحرارة النوعية للماء؛ فإن تاثره بتقلبات درجات الحرارة اليومية يكون قليلًا. ثم وضِّح لهم أثر ارتفاع الحرارة النوعية للماء على عدم تأثر مياه البحاروالمحيطات بأشعة الشمس، وأثر ذلك على حياة الكائنات البحرية.

◄ بناء المفهوم:

- وجِّه الى الطلبة السؤال الآتي:

– هل ترتفع درجة حرارة المواد المختلفة عند تسخينها بالمقدار نفسه؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها، ثم بيِّن لهم أن تأثر المواد المختلفة بالحرارة يختلف من مادة إلى أخرى، وأن ذلك يعتمد على الحرارة النوعية للمادة، ووضِّح لهم المقصود بالحرارة النوعية. ثم بيِّن لهم أثر الحرارة النوعية على قدرة المادة على امتصاص الحرارة أو فقدانها، ومدى تغير درجة حرارتها، فالمادة الأعلى حرارة نوعية مثل الماء تتأثر بالحرارة بدرجة أقل؛ فتمتص كميات كبيرة من الحرارة، ولا ترتفع درجة حرارتها بشكل ملموس.

◄ قراءة الجداول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ومقارنة الحرارة النوعية للماء بالحرارة النوعية للمواد الأخرى.
- ثم وجِّه الى الطلبة السؤال الآتي:

– إذا سُخِّنَت كمية من الماء في وعاء فلزي مدة وجيزة، فأيهما يسخن أكثر: الماء أم الفلز؟

- استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم بها، ثم بيِّن لهم أن عملية التسخين 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 من خلال قياس 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 تأثرًا بالحرارة من الماء رغم تعرضهما للحرارة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) وتعرف أجهزة قياس الحرارة النوعية، والمقارنة بين المُسعِرين في الشكل من حيث المكونات.
- ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المُسعِر؟ وكيف يتم قياس الحرارة النوعية للمادة؟

- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، وبيِّن لهم مكونات كل من مُسعِر الماء ومُسعِر القنبلة واستخدام كل منهما.
- ثم وضِّح لهم المقصود بالمُسعِر، وكيفية قياس الحرارة النوعية للمادة، وأنهم سوف يستخدمون المُسعِر في قياس الحرارة النوعية لمادة ما عمليًّا.

أفكّر لأن (70%) من كتلة الجسم تتكون من الماء، ونظرًا لارتفاع الحرارة النوعية للماء؛ فإن تأثره بالحرارة يكون قليلاً، ومن ثَم فإن الجسم لا يتأثر بتغيرات الحرارة كباقي المواد.

الجدول (1): الحرارةُ النوعيةُ لبعضِ الموادِّ عندَ درجةِ حرارةِ (25 °C).

المادةُ	الحرارةُ النوعيةُ (J/g. °C)
الماءُ (السائلُ)	4.18
الثلجُ	2.03
بخارُ الماءِ	2.01
الهواءُ	1.01
الإيثانولُ	2.44
المغنسيومُ	1.02
الألمنيومُ	0.89
الكالسيومُ	0.65
الحديدُ	0.45
النحاسُ	0.38
الفضةُ	0.24
الذهبُ	0.13

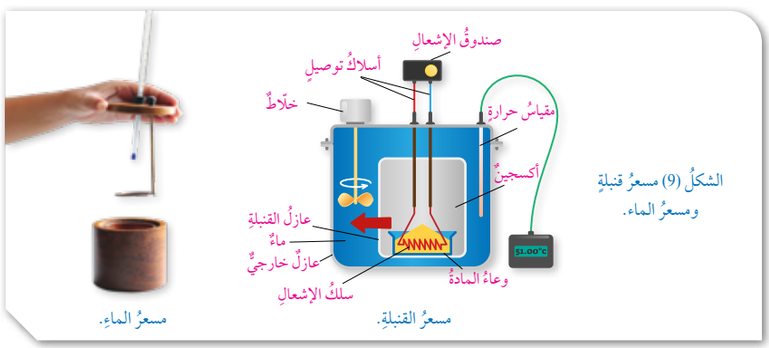
أيُّهما أكبرُ: الحرارةُ النوعيةُ للماءِ أمْ للفلزاتِ؟

أفكّر لماذا تبقى درجةُ حرارةِ جسمِ الإنسانِ السطحيةِ ثابتةً تقريبًا (37°C) رغمَ تعرضهِ إلى تقلباتِ الحرارةِ اليوميةِ؟

وعلى سبيلِ المثالِ:عندَ تسخينِ وعاءٍ منَ الحديدِ أوِ الألمنيومِ –يحتوي كميةً منَ الماءِ– لفترةٍ وجيزةٍ يُلاحَظُ أنَّ درجةَ حرارةِ طرفِ الوعاءِ البعيدِ عنِ الماءِ ترتفعُ بدرجةٍ أعلى بكثيرٍ منْ درجةِ حرارةِ الماءِ بداخلِهِ. والسببُ في ذلكَ هوَ أنَّ الحرارةَ النوعيةَ للفلزاتِ بصفةٍ عامةٍ أقلُّ (أوْ أدنى) بكثيرٍ منَ الحرارةِ النوعيةِ للماءِ؛ مما يجعلُها تكتسبُ حرارةً أكبرَ بكثيرٍ مما يكتسبهُ الماءُ. ويبينُ الجدولُ (1) قيمَ الحرارةِ النوعيةِ لكثيرٍ منَ الموادِّ عندَ درجةِ حرارةِ (25°C).

قياسُ الحرارةِ النوعيةِ للمادةِ:

يُستخدَمُ لقياسِ الحرارةِ النوعيةِ للمادةِ جهازٌ يُسمّى **المُسعِرَ Calorimetry**، وهوَ وعاءٌ معزولٌ حراريًّا، يُستخدَمُ لقياسِ كميةِ الطاقةِ الممتصةِ أوِ المنبعثةِ منْ تفاعلٍ كيميائيٍّ أوْ تحوُّلٍ فيزيائيٍّ، حيثُ توضعُ فيهِ كميةٌ معلومةٌ منَ الماءِ تعملُ على امتصاصِ الحرارةِ الناتجةِ عنِ التفاعلِ أوْ تزويدِ التفاعلِ بالحرارةِ اللازمةِ، ويمكنُ قياسُ التغيرِ في درجةِ حرارةِ الماءِ باعتبارِها تمثلُ التغيرَ في درجةِ حرارةِ التفاعلِ، وبذلكَ يمكنُ قياسُ الحرارةِ الممتصةِ أوِ المنبعثةِ وقياسُ الحرارةِ النوعيةِ. وللمُسعِرِ أنواعٌ وأشكالٌ متعددةٌ، مثلُ: مُسعِرِ القنبلةِ، ومُسعِرِ الماءِ، ومُسعِرِ الثلجِ، ومُسعِرِ التكثيفِ وغيرِها. ويبينُ الشكلُ (9) مُسعِرَ القنبلةِ ومُسعِرَ الماءِ .



الشكلُ (9) مسعرُ قنبلةٍ ومسعرُ الماءِ.

إجابة سؤال الشكل (5):

الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية للفلزات.

إضاءة للمُعلِّم

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 مع علوم الآرض:

- وجِّه الطلبة الى دراسة نسيم البر، ونسيم البحر، وإجابة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بنسيم البر؟

– ما المقصود بنسيم البحر؟

– ما سبب حدوث كل منهما؟

- تقبَّل إجابات الطلبة وناقشهم فيها وبيِّن المقصود بنسيم البر ونسيم البحر، وبيِّن لهم أن اختلاف الحرارة النوعية للماء واليابسة يسبب حدوث هاتين الظاهرتين، وبيِّن لهم كيفية حدوثهما.

الربطُ معَ علومِ الأرضِ: نسيمُ البرِّ ونسيمُ البحرِ

يحدثُ نسيمُ البحرِ بسببِ اختلافِ تسخينِ أشعةِ الشمسِ لكلٍّ منْ ماءِ البحرِ، واليابسةِ المجاورةِ، وحيثُ إنَّ الحرارةَ النوعيةَ لليابسةِ أقلُّ منَ الحرارةِ النوعيةِ للماءِ؛ فإنَّ اليابسةَ تمتصُّ كميةً منَ الحرارةِ أكثرَ منَ التي يمتصُّها الماءُ، وتَسخُنُ بسرعةٍ أكبرَ منَ الماءِ، ويَسخُنُ الهواءُ فوقَ اليابسةِ بسرعةٍ أكبرَ منْ ذلكَ الموجودِ فوقَ الماءِ، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويسببُ انخفاضًا في الضغطِ الجويِّ فوقَ اليابسةِ معَ بقاءِ الهواءُ الذي فوقَ الماءِ أقلَّ درجةَ حرارةٍ (أيْ أقلَّ حرارةً)، وأكثرَ كثافةً، وأكثرَ ضغطًا؛ فيندفعُ نحوَ اليابسةِ على شكلِ تياراتٍ هوائيةٍ تُسمّى نسيمَ البحرِ، ويحدثُ ذلكَ عادةً أثناءَ النهارِ أيامَ الصيفِ والربيعِ.

أما أثناءَ الليلِ وبسببِ ارتفاعِ الحرارةِ النوعيةِ للماءِ فإنَّهُ يفقدُ الحرارةَ ببطءٍ أكثرَ منَ اليابسةِ التي تفقدُ الحرارةَ بسرعةٍ أكبرَ، فتبقى درجةُ حرارةِ الهواءِ فوقَ الماءِ أكبرَ منَ الهواءِ فوقَ اليابسةِ، ويرتفعُ إلى الأعلى، ويقلُّ الضغطُ الجويُّ فوقَ الماءِ فيندفعُ الهواءُ الباردُ منَ اليابسةِ نحوَ البحرِ على شكلِ تياراتٍ هوائيةٍ باردةٍ تُسمّى نسيمَ البرِّ، وهذا يحدثُ عادةً أثناءَ الليلِ.

57

توظيف التكنولوجيا

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

شارك زملاءك هذه الفيديوهات أو العروض عن طريق موقع المدرسة أو مواقع التواصل الاجتماعي (الفيس بوك) أو (الواتس اب).

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما العوامل التي تحدد كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من المادة؟ وكيف يمكن قياس تلك الحرارة؟

- تقبَّل إجابات الطلبة وناقشهم فيها وبيِّن لهم أن كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة من المادة تعتمد على كتلتها وحرارتها النوعية، ومقدار التغير في درجة حرارتها.
- ثم اكتب على اللوح العلاقة التي يتم بها حساب كمية الحرارة الممتصة أو المنيعثة.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (1) ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

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

$m = 10\ g$

$s = 4.18\ J/g.°C$

$\Delta t = 30°C$

الحل:

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

$q = 4.18 \frac{J}{g.°C} \times 10g \times 30°C = 1254\ J$

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير** : التحليل

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

حسابُ كميةِ الحرارةِ الممتصةِ أوِ المنبعثةِ:

Calculate Quantity of Heat Absorbed or Emitted

عرفتُ في ما سبق أنَّ الحرارةَ النوعيةَ للفلزاتِ أقلُّ منْها للماءِ، وهذا يشيرُ إلى أنَّ قدرةَ الفلزاتِ على امتصاصِ الحرارةِ وتوصيلِها أكبرُ بكثيرٍ منْ قدرةِ الماءِ، فمثلًا عندَ تعريضِ كتلةٍ منَ الماءِ وقطعةٍ منَ الحديدِ أوِ الألمنيومِ لَهما الكتلةُ نفسُها لأشعةِ الشمسِ لمدةٍ محددةٍ، نجدُ أنَّ قطعةَ الحديدِ أوِ الألمنيومِ ترتفعُ درجةُ حرارتِها أضعافَ ما ترتفعُ إليهِ كتلةُ الماءِ، وهذا يعني أنَّها تمتصُّ كميةً منَ الحرارةِ أكبرَ منْ تلكَ التي تمتصُّها كتلةُ الماءِ، أيْ أنَّ كميةَ الحرارةِ الممتصةِ تعتمدُ على الحرارةِ النوعيةِ للمادةِ، والتغيُّرِ في درجةِ الحرارةِ، وكتلةِ المادةِ. ويمكنُ حسابُ كميةِ الحرارةِ التي تمتصُّها المادةُ نتيجةَ تعرضِها للحرارةِ منَ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ:

- q : كميةُ الحرارةِ الممتصةِ أو المفقودةِ (J)
- s : الحرارةُ النوعيةُ للمادةِ (J/g.°C)
- m : كتلةُ المادةِ (g)
- t_1 : درجةُ الحرارةِ الابتدائيةُ (°C)
- t_2 : درجةُ الحرارةِ النهائيةُ (°C)
- Δt : التغيرُ في درجةِ الحرارةِ $(\Delta t = t_2 - t_1)$

المثالُ 1

جرى تسخينُ (20g) منَ الماءِ منْ (25°C) إلى(30°C)، أحسبُ كميةَ الحرارةِ التي امتصتْها هذهِ الكتلةُ منَ الماءِ.

تحليلُ السؤالِ (المعطياتُ):

$m = 20\ g$

$s = 4.18\ J/g.°C$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 30 - 25 = 5°C$

المطلوبُ: حسابُ كميةِ الحرارةِ الممتصةِ q

الحلُّ:

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

$q = 4.18 \frac{J}{g.°C} \times 20\ g \times 5°C = 418\ J$

إضاءة للمُعلِّم

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

المثال 2

سُخِّنَتْ قطعةٌ منَ الحديدِ كتلتُها (50g) فارتفعتْ درجةُ حرارتِها منْ (25°C) إلى (40°C) أحسبُ كميةَ الحرارةِ التي امتصتْها هذهِ الكتلةُ منَ الحديدِ.

تحليلُ السؤالِ (المعطياتُ):

$m = 50\ g$

$s = 0.45\ J/g.°C$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 40 - 25 = 15°C$

المطلوبُ: حسابُ كميةِ الحرارةِ الممتصةِ q

الحلُّ:

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

$q = 0.45 \frac{J}{g.°C} \times 50\ g \times 15°C = 337.5\ J$

يُلاحَظُ أنَّهُ عندَ تبريدِ المادةِ وخفضِ درجةِ حرارتِها فإنَّها ستفقدُ الطاقةَ الحراريةَ إلى الوسطِ المحيطِ، وتعتمدُ كميةُ الطاقةِ المنبعثةِ (المفقودةِ) أيضًا على التغيرِ في درجةِ حرارةِ المادةِ وكتلتِها، وتكونُ مساويةً لكميةِ الحرارةِ الممتصةِ عندَ الظروفِ نفسِها، وأيضًا يمكنُ حسابُها باستخدامِ العلاقةِ السابقةِ، والفارقُ أنَّ كميةَ الحرارةِ في هذهِ الحالةِ ستتخذُ إشارةً سالبةً، وهذا يعني أنَّ الحرارةَ منبعثةٌ منَ المادةِ.

المثال 3

وُضِعَتْ قطعةٌ منَ النحاسِ كتلتُها (5g) ودرجةُ حرارتِها (25°C) في حوضِ ماءٍ باردٍ؛ فانخفضتْ درجةُ حرارتِها إلى (15°C)، أحسبُ كميةَ الحرارةِ المنبعثةِ منْ هذهِ القطعةِ.

تحليلُ السؤالِ (المعطياتُ):

$m = 5\ g$

$s = 0.38\ J/g.°C$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 15 - 25 = -10°C$

المطلوبُ: حسابُ كميةِ الحرارةِ المنبعثةِ q

الحلُّ:

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

$q = 0.38 \frac{J}{g.°C} \times 5\ g \times -10°C = -19\ J$

أتحقَّقُ:

1) قطعةٌ منَ الألمنيومِ كتلتُها (150g)، ما كميةُ الحرارةِ اللازمةِ لرفعِ درجةِ حرارتِها (30°C)؟

2) عُرِّضَتْ قطعةٌ منَ الفضةِ كتلتُها (50g) ودرجةُ حرارتِها (45°C) لتيارهواءٍ باردٍ؛ فانطلقتْ كميةٌ منَ الحرارةِ مقدارُها (240J)، فكمْ تكونُ درجةُ حرارتِها النهائيةُ؟

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف يمكن حساب الطاقة المنبعثة من التفاعل نظريًّا؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثالين(2و3)، ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

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:

$m = 50\ g$, $s = 0.45\ J/g.°C$

$\Delta t = -15°C$

الحل:

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

$q = 0.45 \frac{J}{g.°C} \times 50g \times -15°C = -337.5\ J$

- دقق إجابات الطلبة ثم اطلب اليهم مقارنة إجاباتهم بالمثال (2) ثم وجِّه اليهم السؤال التالي:

– ما الفرق بين المثال الذي جرى حله والمثال(2)؟

- استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها مبينًا 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.

- ناقش مع الطلبة مثال (3) وبيِّن لهم أن كمية الحرارة المنبعثة من المادة تأخذ إشارة سالبة.

أتحقَّقُ:

1) تحليل السؤال:

$m = 150\ g$

$s = 0.89\ J/g.°C$

$\Delta t = 30°C$

الحل:

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

$q = 0.89 \frac{J}{g.°C} \times 150\ g \times 30°C = 4005\ J$

2) تحليل السؤال:

$m = 50\ g$

$s = 0.24\ J/g.°C$

$q = 240\ J$

$t_1 = 45°C$

الحل:

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

$240 = 0.24 \frac{J}{g.°C} \times 50\ g \times \Delta t$

$\Delta t = \frac{240J}{12J\backslash°C} = 20°C$

$\Delta t = t_2 - t_1$

$20 = t_2 - 45$

$t_2 = 25°C$

التجربة 2

قياس الحرارة النوعية للنحاس

الهدف: تقدير الحرارة النوعية للنحاس عمليًّا.

إرشادات الأمن والسلامة:

- توجيه الطلبة إلى ضرورة اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- توجيه الطلبة إلى عدم لمس الكرة النحاسية الساخنة باليد.
- توجيه الطلبة إلى ضرورة التخلص من النفايات بصورة صحيحة بعد الانتهاء من التجربة.
- توجيه الطلبة إلى الحذر من سكب الماء الساخن، وإلى التعامل معه بحذر.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الوصف، المقارنة، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، واطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- تجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- تابع الطلبة اثناء تنفيذ الإجراءات، ووضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- تأكد من أنهم تمكنوا من قياس درجة حرارة الماء بدقة في كل مرة.

تنبيه: وجِّه 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، أستنتج أن 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 :

لاحظ أن 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:

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

5. يُتوقع أن تحصل 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.

استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** سلم تقدير.

الرقم	معيار الأداء	التقدير			
		1	2	3	4
1	يأخذ كمية الماء المطلوبة بدقة.				
2	يحدد درجة حرارة الماء بشكل دقيق.				
3	يحدد درجة حرارة الكرة النحاسية.				
4	يحسب التغير في درجة حرارة الماء والكرة النحاسية.				
5	ينظم المعلومات التي يحصل عليها بدقة.				
6	يطبق المعلومات في العلاقة الرياضية.				
7	يستنتج الحرارة النوعية إلى أقرب قيمة.				

التجربة 2

قياسُ الحرارةِ النوعيةِ للنحاسِ

الموادُّ والأدواتُ:

كأسانِ زجاجيتانِ بسعةِ (300ml)، كأسُ بوليسترينٍ، ميزانُ حرارةٍ كحوليٌّ، ماسِكٌ معدنيٌّ (مِلقطٌ)، ميزانٌ حساسٌ، ماءٌ مقطرٌ، كرةٌ نحاسيةٌ، منصبٌ، لهبُ بنسن أوْ سخانٌ كهربائيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ:

أحذرُ منْ لمسِ الكأسِ الساخنةِ أوِ الكرةِ النحاسيةِ الساخنةِ بيديَّ، أوِ الإمساكِ بهما مباشرةً.

خطواتُ العملِ:

1. **أزِنُ** الكرةَ النحاسيةَ باستخدامِ الميزانِ الحساسِ، وأسجلُ كتلتَها.
2. أُضيفُ إلى الكأسِ الزجاجيةِ (100ml) منَ الماءِ، وأضيفُ إليْها الكرةَ النحاسيةَ، وأضعُها على اللهبِ أوِ السخانِ الكهربائيِّ.
3. **أقيسُ:** أُضيفُ إلى كأسِ البوليسترينِ (100ml) منَ الماءِ، وأضعُها في الكأسِ الزجاجيةِ الفارغةِ، وأقيسُ درجةَ حرارةِ الماءِ (t_1) وأسجلُها.
4. **ألاحِظُ** غليانَ الماءِ في الكأسِ، وعندَها أقيسُ درجةَ حرارةِ الكأسِ والكرةِ النحاسيةِ (t_2)، وأسجلُها.
5. أستخرجُ الكرةَ النحاسيةَ منَ الماءِ باستخدامِ الملقطِ، وأضعُها في كأسِ البوليسترينِ، وأسجلُ أعلى درجةِ حرارةٍ يصلُ إليْها الماءُ (t_3).
6. **ألاحِظُ:** هلِ ارتفعتْ درجةُ حرارةِ الماءِ بعدَ وضعِ الكرةِ النحاسيةِ فيهِ؟ أمِ انخفضتْ؟
7. **أنظمُ** البياناتِ والقياساتِ في جدولٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أحددُ** التغيرَ في درجةِ حرارةِ الماءِ في كأسِ البوليسترينِ بعدَ إضافةِ الكرةِ النحاسيةِ إليهِ. ماذا أستنتجُ؟

2- **أحددُ** التغيرَ في درجةِ حرارةِ الكرةِ النحاسيةِ بعدَ وضعِها في كأسِ البوليسترينِ؟ ماذا أستنتجُ؟

3- أبينُ العلاقةَ بينَ كميةِ الحرارةِ في الحالتيْنِ السابقتيْنِ.

4- **أستنتجُ** الحرارةَ النوعيةَ للنحاسِ.

5- **أقارنُ:** أطابقُ النتيجةَ التي حصلتُ عليْها معَ القيمةِ المسجلةِ في الجدولِ، أفسرُ سببَ الاختلافِ إنْ وُجِدَ.

أبحثُ

يهتـمُّ اختصاصيـو التغذيـةِ بحسـابِ السـعراتِ الحراريةِ اللازمةِ للجسـمِ؛ مـنْ أجلِ بنـاءِ نظامٍ غذائـيٍّ متوازنٍ، فكيـفَ تُحسَـبُ كميةُ الحـرارةِ والسـعراتُ الحراريةُ للمـوادِّ الغذائيـةِ المختلفةِ؟

مسـتعينًا بالكلمـاتِ المفتاحيـةِ الآتيـةِ: (السـعراتُ الحراريـةُ، النظـامُ الغذائيُّ، السـعراتُ الحراريةُ فـي الموادِّ الغذائيـةِ، إنقـاصُ الـوزنِ، زيـادةُ الـوزنِ) أبحثُ عـنْ طرائقِ حسـابِ السـعراتِ الحراريـةِ للأطعمـةِ المختلفةِ، وأكتـبُ تقريـرًا بذلـكَ، أوْ أصمـمُ عرضًـا تقديميًّا حـولَ الموضـوعِ، وأعرضهُ أمـامَ زملائي.

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ**: ما المقصودُ بكلٍّ منَ:

- السعةِ الحراريةِ؟
- الحرارةِ النوعيةِ؟

2 – **أفسرُ**. عندَ تعرضِ الفلزاتِ لأشعـةِ الشمسِ في أيـامِ الصيفِ الحارَّةِ ترتفعُ درجـاتُ حرارتِها بشكلٍ متفاوتٍ.

3 – أُجيبُ عمّا يأتي:

أ) **أحسبُ** كميةَ الحرارةِ الناتجةِ منْ تبريدِ (100g) ماءٍ منْ (85°C) إلى (40°C).

ب) **أحسبُ** كميةَ الحرارةِ اللازمةِ لرفعِ درجةِ حرارةِ (100g) إيثانولٍ منْ (15°C) إلى (350°C).

4 – **أحسبُ** الحرارةَ النوعيةَ لمادةِ الجرانيتِ؛ إذا امتصتْ قطعةٌ منهُ كتلتُها (200g) كميةً منَ الحرارةِ مقدارُها (3212 J)؛ عندَ رفعِ درجةِ حرارتِها بمقدارِ (20°C).

5 – **أفكرُ**: وُضِعَتْ ثلاثُ صفائحَ متماثلةٍ في الكتلةِ منَ النحاسِ، والألمنيومِ، والحديدِ تحتَ أشعةِ الشمسِ في أحدِ أيامِ الصيفِ الحارَّةِ؛ بحيثُ تكتسبُ جميعُها كميةَ الطاقةِ نفسَها، ونُقِلَتْ هذهِ الصفائحُ إلى ثلاثةِ مسعراتٍ تحتوي كميةً متماثلةً منَ الماءِ عندَ درجةِ حرارةِ الغرفةِ، فأيُّ هذهِ المسعراتِ تصبحُ درجةُ حرارةِ الماءِ فيهِ أكبرَ ما يمكنُ؟ أدعمُ إجابتي بالمبرراتِ.

أبحثُ

وجِّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية: (السعرات الحرارية، النظام الغذائي، السعرات الحرارية في المواد الغذائية، إنقاص الوزن، زيادة الوزن)، ثم كتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وناقشهم فيه.

نتائج متوقعة:

معظم النتائج سوف تشير إلى مفهوم السعرات الحرارية، وكيفية احتسابها في عدد من المواد الغذائية كالبيض والموز والحلب وبعض الفاكهة، وقد يحصل بعض الطلبة على جداول للسعرات الحرارية في الأغذية المختلفة، وبعض النتائج قد تشير إلى علاقة السعرات الحرارية بالسمنة ووزن الجسم.

مراجعة الدرس

1 **السعة الحرارية**: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سيليزية واحدة.

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

2 بسبب اختلاف الحرارة النوعية لكل منها.

3 أ) تحليل السؤال:

$m = 100\ g$

$s = 4.18\ J/g.°C$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 40 - 85 = -35°\ C$

المطلوب: حساب كمية الحرارة الناتجة q

الحل:

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

$q = 4.18\ \frac{J}{g.°C} \times 100\ g \times -35°C = -14630\ J$

ب) تحليل السؤال:

$m = 100\ g$

$s = 2.44\ J/g.°C$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 35 - 15 = 20°C$

المطلوب: حساب كمية الحرارة الممتصة q

الحل:

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

$q = 2.44\ \frac{J}{g.°C} \times 100\ g \times 20°C = 4880\ J$

4 تحليل السؤال:

$m = 200\ g$

$q = 3212\ J$

$\Delta t = 20°C$

$s = ??$

المطلوب: حساب الحرارة النوعية للجرانيت

الحل:

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

$3212\ J = s \times 200\ g \times 20°C$

$s = \frac{3212\ J}{4000\ g.°C} = 0.803 J\backslash g.°C$

5 النحاس؛ لأن الحرارة نوعية له أقل من كل من الحديد والألمنيوم، ومن ثّم فهو أكثر وأشدّ تأثرًا منها بالحرارة، أي أنه يفقد كمية من الحرارة أكبر من الكمية التي يفقدها الحديد والالمنيوم؛ ما يُحدث ارتفاعًا اعلى في درجة حرارة الماء في المسعر.

الدرس 3

حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

Energy calculations in Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

حساب التغير في المحتوى الحراري:

- قدِّم الفكرة الرئيسة للدرس، واكتبها على اللوح.
- ثم وضِّح للطلبة أنه يمكن حساب الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات بعدة طرائق.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالرابطة الكيميائية؟ وما أنواع الروابط بين الذرات؟

استمع لإجابات الطلبة، وذكِّرهم بالمقصود بالرابطة، وانواع الروابط بين الذرات. وبيِّن لهم أن هذه الروابط تلعب دورًا مهمًّا في تحديد الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل يمكن قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المُسعرات الحرارية؟

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها ووضِّح لهم أن هناك كثيرًا من التفاعلات يصعب قياس حرارة التفاعل المرافقة لحدوثها.

– لماذا يصعب قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المسعرات الحرارية؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أسباب ذلك، واذكر لهم من الأسباب ما يأتي: أن بعض التفاعلات تحدث بسرعة، أي أنها تستغرق وقتًا قصيرًا ، وأن بعضها يستغرق زمنًا طويلًا للحدوث، وكذلك عدم توفر الظروف المناسبة لحدوث بعض هذه التفاعلات في المختبرات.

– كيف يمكن حساب حرارة هذه التفاعلات؟

استمع لإجاباتهم، وبيِّن لهم أن هناك عدة طرائق نظرية تستخدم لحساب الحرارة المرافقة للتفاعلات، واذكر لهم منها: استخدام طاقة الروابط، وقانون هيس، وحرارة التكوين القياسية للمركبات. وأنهم في هذا الدرس سوف يتعرفون كيفية استخدام هذه الطرائق.

◄ المناقشة:

- وجِّه الطلبة الى دراسة معادلة احتراق البروبان بوجود الأكسجين، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي: ما التغيرات التي تحدث على الذرات والروابط بينها خلال التفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة وبيِّن لهم أنه خلال التفاعلات يتم تكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؛ ما يسمح بإعادة توزيع الذرات وترتيبها وتكوين روابط جديدة في تراكيب كيميائية جديدة.

الفكرة الرئيسة :

يرافقُ حدوثَ التفاعلاتِ تغيرٌ في المحتوى الحراريِّ، يمكنُ حسابهُ بطرائقَ مختلفةٍ.

نتاجاتُ التعلم :

- أوضحُ مفهومَ طاقةِ الرابطةِ.
- أحسبُ الحرارةَ المرافقةَ للتفاعلِ باستخدامِ قيمِ طاقةِ الرابطةِ.
- أطبقُ قانونَ هيس لحسابِ المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.
- أحسبُ كميةَ الحرارةِ المرافقةِ لتفاعلِ كتلةٍ معينةٍ منَ المادةِ باستخدامِ المعادلةِ الموزونةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

طاقةُ الرابطةِ	Energy Bond
حرارة التفاعلِ	Heat Reaction
القيمةُ الحراريةُ للوقودِ	Thermal fuel value
قانونُ حفظِ الطاقةِ	Energy Conservation Low
قانونُ هيس	Hess's Low
حرارةُ التكوينِ القياسيةُ	Standard Enthalpy of Formation

حسابُ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ:

Calculate Enthalpy Change

تختلفُ التفاعلاتُ في آلياتِ حدوثِها وسرعتِها؛ فبعضُها يحدثُ في ظروفٍ صعبةٍ لا يمكنُ توافرُها في المختبرِ، وبعضُها قدْ يستغرقُ حدوثُهُ زمنًا طويلًا، فيصعبُ قياسُ حرارةِ التفاعلِ بالمسعرِ والطرائقِ التقليديةِ؛ لذلكَ يلجأُ الكيميائيونَ إلى استخدامِ طرائقَ نظريةٍ لحسابِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ. وسوفَ نتعرفُ بعضَ هذهِ الطرائقِ.

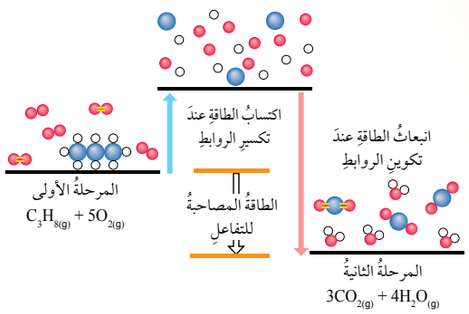
طاقةُ الرابطةِ: Bond Energy

ما مصدرُ الطاقةِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ؟ وما التغيراتُ التي تحدثُ على الموادِّ خلالَ التفاعلِ، وتسببُ تغيُّرًا في طاقتِها؟

تمرُّ التفاعلاتُ الكيميائيةُ عادةً بمرحلتيْنِ: المرحلةُ الأولى يحدثُ فيها تكسيرُ الروابطِ بينَ ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ؛ مما يتطلبُ اكتسابَ الذراتِ طاقةً كافيةً لكسرِ الروابطِ بينَها، والمرحلةُ الثانيةُ تحدثُ فيها إعادةُ ترتيبِ الذراتِ، وتكوينُ روابطَ بينَها في تراكيبَ كيميائيةٍ جديدةٍ، ويمكنُ استخدامُ طاقةِ الروابطِ في حسابِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ؛ فمثلًا عندَ احتراقِ غازِ البروبانِ بوجودِ الأكسجينِ كما في المعادلةِ:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

فإنَّ التفاعلَ يمرُّ بمرحلتيْنِ أساسيتيْنِ، كما في الشكلِ (10).



الشكلُ (10) مراحلُ احتراقِ البروبانِ.

في المرحلةِ الأولى يجري تكسيرُ الروابطِ بينَ الذراتِ في الموادِ المتفاعلةِ، فتتكسرُ الروابطُ بينَ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ، والروابطُ بينَ ذراتِ الكربونِ في البروبانِ (C_3H_8) وكذلكَ الرابطةُ بينَ ذرتَيِ الأكسجينِ في جزيءِ الأكسجين (O_2)، فتكتسبُ كلُّ رابطةٍ منْها كميةً كافيةً منَ الطاقةِ لكسرِها، وبذلكَ تكونُ هذهِ العمليةُ ماصةً للطاقةِ.

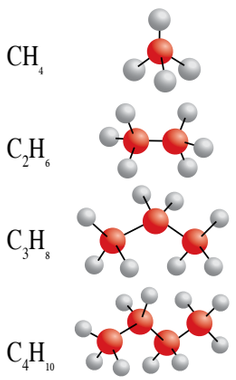
أمّا في المرحلةِ الثانيةِ فيجري تكوينُ روابطَ جديدةٍ بينَ ذراتِ الكربونِ والأكسجينِ في المركبِ (CO_2) الناتجِ، وكذلكَ بينَ ذراتِ الأكسجينِ والهيدروجينِ في المركبِ (H_2O)، ويرافقُ تكوينَ هذهِ الروابطِ انبعاثُ كميةٍ منَ الطاقةِ، وتكونُ هذهِ العمليةُ طاردةً للطاقةِ. وبشكلٍ عامٍّ؛ فإنَّ تفاعلَ احتراقِ الوقودِ يكونُ عادةً طاردًا للحرارةِ؛ وذلكَ أنَّ الطاقةَ المنبعثةَ نتيجةَ تكوينِ الروابطِ الجديدةِ أكبرُ منَ الطاقةِ اللازمةِ لتكسيرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ.

ويبينُ الجدولُ (2) كميةَ الطاقةِ المنبعثةِ عنْ حرقِ مولٍ منَ الألكاناتِ المختلفةِ (وهيَ موادُّ تتكونُ منَ الكربونِ والهيدروجينِ).

أصممُ باستخدامِ برنامجِ السكراتش (Scratch) عرضًا يوضحُ مراحلَ تفاعلِ احتراقِ البروبانِ، ثمَّ أشاركهُ معلمي وزملائي في الصفِّ.

الجدولُ (2): كميةُ الطاقةِ المنبعثةِ من احتراقِ مولٍ منْ بعضِ الألكاناتِ.

اسمُ الألكانِ	الصيغةُ الجزيئيةُ للألكانِ	كميةُ الحرارةِ (kJ/mol)
الميثانُ	CH_4	-882
الإيثانُ	C_2H_6	-1542
البروبانُ	C_3H_8	-2202
البيوتانُ	C_4H_{10}	-2877
البنتانُ	C_5H_{12}	-3487
الهكسانُ	C_6H_{14}	-4141



إضاءة للمُعلِّم

الهيدروكربونات: مواد عضوية تتكون من عنصري الكربون والهيدروجين فقط، وتُصنف إلى ثلاثة أنواع:

1. الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات): حيث تكوِّن ذرة الكربون فيها أربع روابط مشتركة أحادية مع أربع ذرات من الهيدروجين مثل: الميثان والإيثان والبروبان وغيرها.
2. الهيدروكربونات غير المشبعة: وتقسم إلى نوعين هما: الالكينات، وفيها تكوِن ذرة كربون رابطة ثنائية مع ذرة كربون اخرى في المركب مثل الإيثين ($CH_2=CH_2$)، والبروبين ($CH_3CH=CH_2$) وغيرها. والألكاينات وفيها تكوِّن ذرة الكربون رابطة ثلاثية مع ذرة كربون أخرى في المركب مثل: الايثاين ($CH\equiv CH$)، والبروباين ($CH_3C\equiv CH$)، وغيرها.
3. المركبات العطرية (الأروماتية): تعد حلقة البنزين (C_6H_6) المركب الأساسي فيها.

وسوف تتعرف هذه المركبات وخصائصها الفيزيائية والكيميائية في الصفوف القادمة.

◄ استخدام الرسوم والصور:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية:
  - ما المراحل التي يمر بها تفاعل احتراق البروبان؟
  - ما تغيرات الطاقة المرافقة لكل مرحلة منها؟
  - هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟
- استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم فيها ثم بيِّن لهم أن التفاعلات تمر بمرحلتين أساسيتين، وبيِّن لهم التغيرات الكيميائية وتغيرات الطاقة المرافقة لحدوثها في كل مرحلة.
- ثم وضِّح 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 طاردًا للحرارة (الطاقة)، وأن تفاعلات احتراق الوقود تعد تفاعلات طاردة للحرارة.

◄ استخدام الجداول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2)، واجابة الأسئلة الآتية:
  - ما المقصود بالألكانات؟
  - أي المواد في الجدول ينتج كمية أكبر من الحرارة عند حرق مول واحد منه؟
  - أيها ينتج أقل كمية منها عند حرق مول واحد منه؟
- استمع لإجابات الطلبة، ثم وضِّح لهم مستعينًا بالصيغ الكيميائية والبنائية لبعض هذه المركبات أن الألكانات مركبات عضوية تتكون من الكربون والهيدروجين فقط. وأنها تعد من مصادر الطاقة في حياتنا.
- ثم بين لهم أن الهكسان ينتج أكبر كمية من الحرارة، وان الميثان ينتج أقل كمية منها.

التدريس المدمج:

وجِّه الطلبة الى عرض مراحل احتراق البروبان باستخدام برنامج السكراتش، ومشاركته زملاءهم في الصف.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– بالرجوع إلى الجدول؛ (2) ما العلاقة بين كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق والكتلة المولية للمركب؟

استمع لإجابات الطلبة وبيِّن لهم أن كمية الحرارة الناتجة عن حرق مول من المادة تزداد بزيادة الكتلة المولية.

◄ بناء المفهوم:

- وضِّح للطلبة أن كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين تسمى القيمة الحرارية للوقود.

◄ مناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– كيف يتم كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؟

– ما المقصود بطاقة الرابطة؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، ثم بيِّن لهم أن كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة يتطلب تزويدها بكمية كافية من الطاقة تسمى طاقة الرابطة، ووضِّح لهم المقصود بطاقة الرابطة، ثم بيِّن لهم أن تكوين الروابط بين ذرات المواد الناتجة ينتج عنه كمية من الطاقة.

◄ استخدام الجداول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) واطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما طاقة كل من الروابط الآتية: (H-Cl)، (H-H)، (C=C)؟

- ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟

استمع لإجابات الطلبة وبيِّن لهم طاقات الروابط وناقشهم في قانون حفظ الطاقة وهو: 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.

يلاحَظُ أنَّهُ بزيادةِ عددِ ذراتِ الكربونِ في الألكانِ تزدادُ كتلتهُ المولية، وبذلكَ تزدادُ كميةُ الطاقةِ الناتجةِ عنِ احتراقِها. وتُسمّى كميةُ الحرارةِ الناتجةِ عنْ حرقِ غرامٍ واحدٍ منَ الوقودِ حرقًا تامًّا بوجودِ الأكسجينِ: القيمةَ الحراريةَ للوقودِ Thermal Fuel Value.

يتضحُ أنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ في مرحلتِهِ الأولى يتضمنُ تكسيرَ الروابطِ بينَ ذراتِ الموادِّ المتفاعلةِ، وهذا يتطلبُ تزويدَ هذهِ الروابطِ بكميةٍ كافيةٍ منَ الطاقةِ لكسرِها، ويُطلَقُ على كميةِ الطاقةِ هذهِ طاقةُ الرابطةِ Energy Bond، وهيَ كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ مولٍ منَ الروابطِ بينَ ذرتيْنِ في الحالةِ الغازيةِ، وتُقاسُ بوحدةِ الكيلوجول/ مول (kJ/mol)، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (BE).

أما في المرحلةِ الثانيةِ فتتكونُ روابطُ جديدةٌ ويرافقُ ذلكَ انبعاثُ كميةٍ منَ الطاقةِ، وانخفاضٌ في طاقةِ الموادِّ الناتجةِ، وتبعًا لقانونِ حفظِ الطاقةِ Energy Conservation في التفاعلاتِ الكيميائيةِ فإنَّ مجموعَ الطاقةِ التي تمتصُّها الروابطُ في الموادِّ المتفاعلةِ والتي تنبعثُ عندَ تكوينِ الروابطِ الجديدةِ يمثلُ التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ (ΔH)، ويبينُ الجدولُ (3) قيمَ طاقةِ عددٍ منَ الروابطِ مقيسةً بالكيلو جول/ مول

جدولُ (3): قيمُ طاقةِ عددٍ منَ الروابطِ مقيسةً بالكيلو جول/مول (kJ\mol)

	روابطُ أحاديةٌ								
	H	C	N	O	S	F	Cl	Br	I
H	436								
C	413	348							
N	386	305	167						
O	464	385	201	142					
S	363	272	-----	--	226				
F	565	485	283	190	284	155			
Cl	431	327	313	218	255	249	242		
Br	362	258	---	201	217	249	216	190	
I	295	213	--	201	--	278	208	175	149
	روابطُ متعددةٌ								
C=C	602	N=N	418	C=O	745				
C≡C	835	C≡N	887	C=O	799	in CO_2			
C≡O	1072	N=O	607	S=O	532	in SO_2			
N≡N	942	O=O	494	S=O	532	in SO_3			

طريقة أخرى للتدريس — العمل في مجموعات

- قسِّم الطلبة إلى ثلاث مجموعات، ثم اطلب اليهم دراسة مراحل احتراق البروبان، ثم وزع 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 (1،2) وتلخيص ما ورد فيها، وبيان أهميتها.

- تعرض كل مجموعة ما توصلت إليه. بعد ذلك أدر نقاشًا بين المجموعات. ولخِّص أهم الأفكار التي تم التوصل إليها.

وتجدرُ الإشارةُ هنا إلى أنَّ كميةَ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ الرابطةِ (طاقةِ الرابطةِ) تساوي كميةَ الطاقةِ الناتجةِ عندَ تكوينِها، وكذلكَ تجدرُ الإشارةُ إلى أنَّ طاقةَ الروابطِ في الموادِّ الناتجةِ تكونُ سالبةً بسببِ انبعاثِ الطاقةِ عندَ تكوينِ الرابطةِ، وتبينُ العلاقةُ الآتيةُ كيفيةَ احتسابِ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ (ΔH):

$$\Delta H = \sum BE_{re} + (-\sum BE_{pr})$$

ويمكنُ إعادةُ ترتيبِ هذهِ العلاقةِ لتصبحَ:

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$\sum BE_{re}$: مجموعُ طاقةِ الروابطِ التي يتمُّ تكسيرُها في الموادِّ المتفاعلةِ.

$\sum BE_{pr}$: مجموعُ طاقةِ الروابطِ التي يتمُّ تكوينُها في الموادِّ الناتجـةِ.

والأمثلةُ الآتيةُ توضحُ كيفيةَ احتسابِ حرارةِ التفاعلِ باستخدامِ طاقةِ الرابطةِ:

المثال 4

يتكونُ غازُ كلوريدِ الهيدروجينِ وفقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$

باستخدامِ جدولِ (3) الذي يمثلُ طاقاتِ الروابطِ؛ أحسبُ الحرارةَ المرافقةَ للتفاعلِ.

تحليلُ السؤالِ: (المعطياتُ)

يُلاحَـظُ أنَّ هنـاكَ رابطـةً أحاديـةً بيـنَ ذرتَـيِ الكلـورِ (Cl – Cl) وكذلـكَ رابطـةً أحاديـةً بيـنَ ذرتَيِ الهيدروجيـنِ (H – H) فـي المـوادِّ المتفاعلـةِ، وأنَّ هنـاكَ جزيئيْـنِ مـنْ (HCl)، كلُّ جـزيءٍ منْهـا يحتـوي رابطـةً أحاديـةً (H – Cl).

أيْ أنَّ عددَ الروابطِ (H – Cl) $= 2 \times 1 = 2$

الحلُّ:

$$\begin{aligned}\Delta H &= \sum BE_{re} - \sum BE_{pr} \\ &= 1 \times (H - H) + 1 \times (Cl - Cl) - 2 \times (H - Cl) \\ &= 436 + 242 - 2(431) = -184\ kJ\end{aligned}$$

الإشارةُ السالبةُ لحرارةِ التفاعلِ تشيرُ إلى أنَّ التفاعلَ طاردٌ للحرارةِ.

مناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما العلاقة بين الطاقة اللازمة لكسر الرابطة والطاقة الناتجة عن تكوينها؟

استمع لإجابات الطلبة وبيِّن لهم أن 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؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يساوي مجموع الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة والطاقة الناتجة عن تكوين الروابط في المواد الناتجة.

- ثم اكتب لهم العلاقة التي تستخدم في حساب التغير في المحتوى الحراري على اللوح.

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

مثال إثرائي

- ناقش الطلبة في المثال (4)، ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

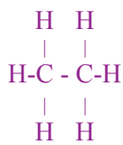
يحترق الإيثان (C_2H_6) في جو من الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

باستخدام جدول طاقات الروابط؛ احسب 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)

المواد الناتجة :

المركب (CO_2) هناك أربعة جزيئات منه يحتوي كل منها رابطتين (C=O)

المركب (H_2O) فيوجد ستة جزيئات منه يحتوي كل منها رابطتين (H-O)

الحل:

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 2\left(6(C\text{-}H) + 1(C\text{-}C)\right) + 7\,(O{=}O) - \left(4(2(C{=}O) + 6(2(H\text{-}O))\right)$$

$$\Delta H = 2\left(6(413) + 348\right) + 7(494) - \left(4(2(799) + 6(2(464))\right) = -2850\ kJ$$

مثال إضافي

ناقش الطلبة في المثال (5)، ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

يتحلل بروميد الهيدروجين (HBr) وفق المعادلة الآتية:

$$2HBr_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

باستخدام جدول طاقات الروابط؛ احسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد جزيئان من المركب (HBr) يحتوي كل منها رابطة (H-Br)

المواد الناتجة :

هناك رابطة (H-H) في المركب H_2، ورابطة (Br-Br) المركب (Br_2).

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 2(H\text{-}Br) - ((H\text{-}H) + (Br\text{-}Br))$

$\Delta H = 2(362) - (436 + 190) = 98kJ$

أتحقَّق:

1) :تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد أربع روابط (C-H) في المركب (CH_4)

ورابطة (Cl-Cl) في المركب Cl_2

المواد الناتجة :

يوجد ثلاث روابط (C-H) في المركب (CH_3Cl)

ورابطة (C-Cl)، وهناك رابطة (H-Cl) في المركب HCl.

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 4(C\text{-}H) + (Cl\text{-}Cl) - (3(C\text{-}H) + (C\text{-}Cl) + (H\text{-}Cl))$

$\Delta H = 4(C\text{-}H) + (Cl\text{-}Cl) - (3\,(C\text{-}H) + (C\text{-}Cl) + (H\text{-}Cl))$

$\Delta H = 4(413) + (242) - (3(413) + (327) + (413))$

$= -103\ kJ$

2) :تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

هناك جزيئان (H_2O) كل جزيء منها يحتوي رابطتين (O-H) أي أن هناك أربع روابط (O-H)

المواد الناتجة :

يوجد جزيئان H_2 كل جزي يحتوي رابطة (H-H)، أي أن هناك رابطتين (H-H). ورابطة (O=O) في المركب O_2.

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 4(O\text{-}H) - (2(H\text{-}H) + (O=O))$

$\Delta H = 2(464) - (2(436) + (494)) = 490\ kJ$

المثال 5

يتفاعلُ النيتروجينِ معَ الأكسجينِ مكونًا أكسيدَ النيتروجينِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$

باستخدامِ جدولِ (3) الذي يمثلُ طاقاتِ الروابطِ؛ أحسبُ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

تحليلُ السؤالِ:

يُلاحَظُ أنَّهُ في الموادِّ المتفاعلةِ يوجدُ جزيءُ (N_2) الذي يحتوي رابطةً ثلاثيةً بينَ ذرتَي النيتروجينِ (N≡N) بالإضافةِ إلى جزيئَيْنِ منَ الأكسجينِ، يحتوي كلٌّ منهُما رابطةً ثنائيةً بينَ ذرتَي الأكسجينِ (O=O)

أما في الموادِّ الناتجةِ فهناكَ جزيئانِ منْ (NO_2) يحتوي كلٌّ منهُما على رابطةٍ ثنائيةٍ معَ إحدى ذراتِ الأكسجينِ (N=O)، وعلى رابطةٍ أحاديةٍ معَ الذرةِ الأخرى (N–O)

فيكونُ هناكَ رابطتانِ (N=O) ورابطتانِ (N–O) في النواتجِ

الحلُّ:

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$= 1 \times (N \equiv N) + 2 \times (O = O) - (2 \times (N{=}O) + 2 \times (N - O)$$
$$= 1 \times 942 + 2 \times 494 - (2 \times 607) + (2 \times 201)$$
$$= 1930 - 1616 = +314\ kJ$$

يُلاحَظُ أنَّ الإشارةَ الموجبةَ لحرارةِ التفاعلِ تشيرُ إلى أنَّ التفاعلَ ماصٌّ للحرارةِ.

أتحقَّقُ:

بالاعتمادِ على جدولِ طاقاتِ الروابطِ (3): أحسبُ تغيُّرَ المحتوى الحراريِّ للتفاعليْنِ الآتييْنِ، وأصنفُها إلى ماصةٍ، وأخرى طاردةٍ للحرارةِ:

1) تفاعلُ غازِ الميثانِ معَ غازِ الكلورِ لتكوينِ غازِ كلورو ميثانِ وغازِ كلوريدِ الهيدروجينِ، كما في المعادلة:

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

2) تحلُّلُ الماءِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

قانونُ هيس: Hess's Law

تحدثُ كثيرٌ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ بخطوتيْنِ أوْ أكثرَ، ويمثلُ مجموعُ هذهِ الخطواتِ المعادلةَ النهائيةَ للتفاعلِ، ولما كانَ التغيُّرُ في المحتوى الحراريِّ لا يعتمدُ على مسارِ حدوثِ التفاعلِ أوِ الخطواتِ التي يمرُّ بها، ويعبرُ عنِ الحالةِ النهائيةِ للتفاعلِ، فقدْ توصلَ الكيميائيُّ جيرمان هنري هيس Germain Henri Hess إلى أنَّ التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ يساوي مجموعَ التغيراتِ الحراريةِ لخطواتِ حدوثِ التفاعلِ سواءٌ أحدثَ التفاعلُ بخطوةٍ واحدةٍ أمْ أكثرَ، وهذا ما يُعرَفُ بقانونِ هيس Hess's Law الذي ينصُّ على أنَّ «التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ يعتمدُ على طبيعةِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، وليسَ على مسارِ حدوثِ التفاعلِ». ولتوضيحِ كيفيةِ حسابِ حرارةِ التفاعلِ باستخدامِ قانونِ هيس ندرسُ الأمثلةَ الآتيةَ:

جيرمان هنري هيس

المثالُ 6

يتفاعلُ الجرافيتُ (C) مع الأكسجينِ لتكوينِ أولِ أكسيدِ الكربونِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

عندَ إجراءِ التفاعلِ فإنَّهُ يتكونُ خليطٌ منْ أولِ أكسيدِ الكربونِ (CO) وثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2)، ويمكنُ زيادةُ نسبةِ الأكسجينِ للحصولِ على ثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2) كما في المعادلتيْنِ الآتيتيْنِ، أيْ أنَّهُ يمكنُ وضعُ تصوُّرٍ لحدوثِ التفاعلِ يشتملُ على خطوتيْنِ لكلٍّ منهُما حرارةُ تفاعلٍ خاصةٌ بِها كما يأتي:

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\ kJ \quad \text{.....} \quad (1)$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\ kJ \quad \text{.....} \quad (2)$$

باستخدامِ المعادلتيْنِ (2،1) أحسبُ حرارةَ التفاعلِ.

تحليلُ السؤالِ:

لحسابِ حرارةِ التفاعلِ يجبُ إعادةُ تنظيمِ التفاعليْنِ لنحصلَ عندَ جمعِهما على المعادلةِ النهائيةِ للتفاعلِ، وحيثُ إنَّ الناتجَ النهائيَّ للتفاعلِ يتضمنُ أولَ أكسيدِ الكربونِ (CO)، ولابدَّ أنْ يظهرَ في النواتجِ عندَ جمعِ المعادلتيْنِ، ولذلكَ نعكسُ المعادلةَ (2) ونعكسُ إشارةَ (ΔH) ونضربُ المعادلةَ بـ (2) للتخلصِ منَ الكسرِ في المعادلةِ؛ لتصبحَ على النحوِ الآتي:

$$2CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} + O_2 \quad \Delta H = +566\ kJ \quad \text{.....} \quad (3)$$

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– هل تحدث التفاعلات الكيميائية بخطوة واحدة أم أكثر؟

– وكيف يمكن حساب حرارة التفاعل في ما لو حدث بأكثر من خطوة واحدة؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن معظم التفاعلات تحدث بأكثر من خطوة، وأن حرارة التفاعل تمثل مجموع التغيرات في المحتوى الحراري لخطوات حدوث التفاعل، وأنها تعتمد على طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة.

- ثم وضِّح لهم قانون هيس، واكتب نص القانون على اللوح.

مثال إضافي

- ناقش مع الطلبة المثال (6)، ثم اطلب اليهم حل المثال الآتي.
- يحترق الكبريت بوجود الأكسجين لتكوين ثالث أكسيد الكبريت وفق المعادلة الآتية:

$$2S_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$$

- استخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

$$S_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H = -296\ kJ \quad (1)$$

$$2SO_{3(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +198\ kJ \quad (2)$$

الحل:

لاحظ أن المعادلة المطلوبة لاتتضمن المركب SO_2 ولذلك يجب التخلص منه عند جمع المعادلتين؛ ولذلك نعكس المعادلة (2) ونعكس إشارة (ΔH) لتصبح المعادلة على النحو الآتي:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -198\ kJ \quad (3)$$

وحيث إن المعادلة الثانية تحتوي مولين من المركب SO_2 في حين إن المعادلة الأولى تحتوي مولًا واحدًا منه فإننا نضرب المعادلة الأولى بـ (2) وكذلك (ΔH) لتصبح كما يأتي:

$$2S_{(S)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H = -592\ kJ \quad (4)$$

نجمع المعادلتين (3,4) وقيم (ΔH) لهما لنحصل على المعادلة النهائية وقيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

$$2\cancel{SO_{2(g)}} + O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -198\ kJ \quad (3)$$

$$2S_{(S)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2\cancel{SO_{2(g)}} \quad \Delta H = -592\ kJ \quad (4)$$

$$2S_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -790\ kJ$$

◄ استخدام الرسوم والصور:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وناقش معهم مخطط تغير المحتوى الحراري لتفاعل الجرافيت مع الأكسجين.

طريقة أُخرى للتدريس — فكِّر، انتق زميلًا، شارك

- اطلب إلى الطلبة قراءة قانون هيس بشكل متمعن أربع دقائق.
- اطلب إلى كل طالب انتقاء زميل له، واطلب إليهما مناقشة الأفكار التي توصل كل منهما إليها حول قانون هيس لمدة خمس دقائق. أدر نقاشًا بين مجموعات الطلبة حول ما توصلوا اليه بحيث تشارك كل مجموعة باقي المجموعات أفكارها.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية او عروض تقديمية على حساب تغيرات المحتوى الحراري باستخدام قانون هيس، أو يمكنك إعداد عروض تقديمية لحلول بعض المسائل الحسابية لقانون هيس. ويمكنك مشاركة الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس اب) أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو أية وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

يصبحُ لدينا المعادلتانِ على النحوِ الآتي:

$$2CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} + O_2 \qquad \Delta H = +566\ kJ \quad \ldots\ldots (3)$$

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393.5\ kJ \quad \ldots\ldots (2)$$

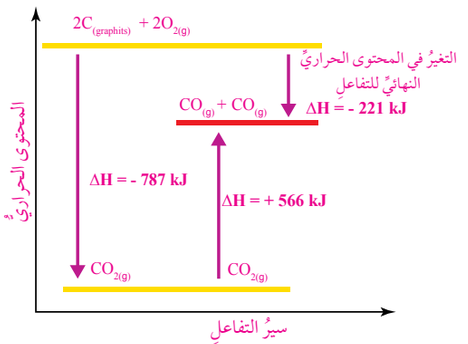
لاحظ أنَّ المركبَ (CO_2) لا يُظهرُ في معادلةِ التفاعلِ المطلوبِ حسابَ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ لهُ، لذلكَ يجبُ التخلصُ منهُ عندَ جمعِ المعادلتيْنِ، وبالتالي يجبُ أنْ تكونَ أعدادُ مولاتهِ متساويةً في المعادلتيْنِ لتتمكنَ من اختصارهِ، فنضربُ المعادلةَ (2) بـ (2)، ونجمعُ المعادلتيْنِ (2) و (3) معَ مراعاةِ اختصارِ الصيغِ المتماثلةِ على جانبَيْ المعادلتيْنِ، نحصلُ على صافي المعادلةِ الكليةِ للتفاعلِ ومقدارِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ كما يأتي:

$$2CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} + O_2 \qquad \Delta H = +566\ kJ \quad \ldots\ldots (3)$$

$$2C_{(S)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -787\ kJ \quad \ldots\ldots (2)$$

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} \qquad \Delta H = -221\ kJ$$

وهكذا يمكنُ حسابُ حرارةِ التفاعلِ أوِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ باستخدامِ قانونِ هيس، ويبينُ الشكلُ (11) مخططَ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ لتفاعلِ الجرافيتِ معَ الأكسجينِ.



الشكلُ (11) مخططُ تغيرِ المحتوى الحراريِّ لتفاعلِ الكربونِ معَ الأكسجينِ.

إضاءة للمُعلِّم

التغير في المحتوى الحراري لتكوين البلورة الأيونية الصلبة:

- تُعرَّف 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 بطرقة 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.

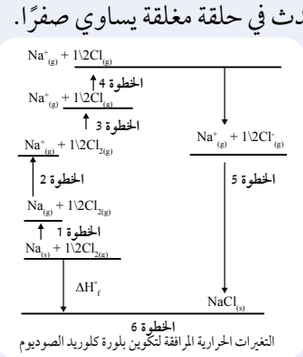
الخطوة (2): طاقة تأين ذرات الصوديوم الغازية.

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.



التغيرات الحرارية المرافقة لتكوين بلورة كلوريد الصوديوم

- 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. وبهذا يمكن بتطبيق هذه العلاقة حساب طاقة تكوين البلورة.

المثالُ 7

يتفاعلُ الأكسجينُ مع غازِ كلوريدِ الهيدروجينِ؛ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

أستخدمُ المعادلتيْنِ الآتيتيْنِ لحسابِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad \Delta H = -185\ kJ \quad \ldots\ldots (1)$$

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -484\ kJ \quad \ldots\ldots (2)$$

تحليلُ السؤالِ: (المعطياتُ):

يُلاحظُ أنَّ المعادلةَ المطلوبةَ لا تتضمنُ المركبَ HCl في الموادِّ الناتجةِ، وإنما يوجدُ في الموادِّ المتفاعلةِ؛ لذلكَ نعكسُ المعادلةَ (1)، ونعكسُ إشارةَ (ΔH)؛ لتصبحَ المعادلةُ كما يأتي:

$$2HCl_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \quad \Delta H = +185\ kJ \quad \ldots\ldots (3)$$

وحيثُ إنَّ المعادلةَ النهائيةَ تحتوي (4) مولاتٍ منْ HCl، في حينِ أنَّ المعادلةَ (3)تحتوي موليْنِ منهُ؛ فإنَّنا نضربُ المعادلةَ (3) وقيمةَ (ΔH) بـِ (2)، وتصبحُ المعادلةُ كما يأتي:

$$4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H = +370\ kJ \quad \ldots\ldots (4)$$

نجمعُ المعادلتيْنِ (2,4) وقيمَ (ΔH) لهُما؛ لنحصلَ على المعادلةِ النهائيةِ وقيمةِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ:

$$4HCl_{(g)} \rightarrow \cancel{2H_{2(g)}} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H = +370\ kJ \quad \ldots\ldots (4)$$

$$\cancel{2H_{2(g)}} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -484\ kJ \quad \ldots\ldots (2)$$

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -114\ kJ$$

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **قضايا مرتبطة بالعمل:** إدارة الوقت

وجِّه 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.

مثال إضافي

- ناقش الطلبة في المثال (7)، ثم بيِّن لهم أهمية قانون هيس:
- يعد الماس والجرافيت شكلين من أشكال الكربون، حيث إن الجرافيت هو الشكل الأكثر ثباتًا للكربون، علمًا بأن عملية تحول الماس إلى الجرافيت تتطلب زمنًا طويلًا يقدر بملايين السنين،

$$C_{(Diamond)} \longrightarrow C_{(Graphite)}$$

وهذا يعني أنه من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعل عمليًّا، ولذلك لجأ الكيميائيون إلى حساب حرارة التفاعل باستخدام قانون هيس على النحو الآتي:

يحترق كل من الماس والجرافيت بوجود الأكسجين؛ وفقًا للمعادلتين الحراريتين الآتيتين:

$$C_{(Diamond)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -395.4\ kJ$$

$$C_{(Graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\ kJ$$

الحل:

حيث إن المطلوب حساب حرارة تحول الماس إلى الجرافيت؛ فإنه يمكن عكس المعادلة الثانية، وعكس إشارة التغير في المحتوى الحراري، وبجمع المعادلتين على النحو الآتي نحصل على حرارة تحول الماس إلى الجرافيت:

$$C_{(Diamond)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -395.4\ kJ$$

$$CO_{2(g)} \rightarrow C_{(Graphite)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +393.5\ kJ$$

$$C_{(Diamond)} \quad C_{(Graphite)} \quad \Delta H = -1.9\ kJ$$

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 الجرافيت.

◄ المناقشة:

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تحسب حرارة التفاعل وفق قانون هيس؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن حرارة التفاعل (ΔH) تمثل مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \ldots\ldots\ldots$$

◄ بناء المفهوم:

● اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بحرارة التكوين القياسية؟

استمع لإجابات الطلبة، ووضِّح لهم أنها التغير في المحتوى الحراري الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية في الظروف القياسية. الذي يرمز إليه بالرمز (ΔH°_f).

● ووضِّح لهم ذلك من خلال معادلة تكوين مول من الماء من الأكسجين والهيدروجين في الظروف القياسية. ثم وضِّح لهم المقصود بالظروف القياسية.

نشاط سريع

● اكتب المعادلات الأربع الآتية على اللوح، واطلب إلى الطلبة تحديد أيها يتوافق مع مفهوم حرارة التكوين القياسية، وتسويغ إجاباتهم بأسباب منطقية صحيحة:

$$CO_{(g)} + 1\backslash 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)}$$

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$$

$$S_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

يتضحُ منَ المثاليْنِ السابقيْنِ أنَّهُ يمكنُ حسابُ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ باستخدامِ قانونِ هيس؛ منْ خلالِ مجموعِ التغيراتِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلاتِ التي تمثلُ خطواتِ حدوثِ التفاعلِ، أيْ أنَّ:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \ldots\ldots$$

وكذلكَ حرارةُ التفاعلِ الكليةُ تساوي مقدارًا ثابتًا، بغضِّ النظرِ عنْ خطواتِ حدوثِ التفاعلِ.

✓ أتحقَّقُ:

1)يتفاعلُ الألمنيومُ (Al) معَ أكسيدِ المنغنيزِ (MnO_2) وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$4Al_{(S)} + 3MnO_{2(S)} \rightarrow 2Al_2O_{3(S)} + 3Mn_{(S)}$$

أستخدمُ المعادلتيْنِ الآتيتيْنِ لحسابِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ:

$$2Al_{(S)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H = -1676\ kJ$$

$$Mn_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow MnO_{2(S)} \qquad \Delta H = -520\ kJ$$

حرارةُ التكوينِ القياسيةُ (ΔH°_f):
Standard Enthalpy (Heat) of Formation

يقصدُ بحرارةِ التكوينِ القياسيةِ Standard Enthalpy of Formation: التغيرُ في المحتوى الحراريِّ الناتجِ عنْ تكوينِ مولٍ واحدٍ منَ المركبِ منْ عناصرهِ الأساسيةِ. وتشيرُ الحالةُ القياسيةُ إلى قياسِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ في الظروفِ القياسيةِ؛ حيثُ يكونُ التركيزُ (1mol/L) ودرجةُ الحرارةِ 25°C وعندَ ضغطِ (1atm)، تُستخدَمُ حرارةُ التكوينِ القياسيةُ في حسابِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ. ولفهمِ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ وكيفيةِ استخدامِها في حسابِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ، نأخذُ حرارةَ التكوينِ القياسيةَ للماءِ منْ عناصرهِ الأساسيةِ، ففي الظروفِ القياسيةِ يتفاعلُ نصفُ مولٍ منْ غازِ الأكسجينِ (O_2) معَ مولٍ منْ غازِ الهيدروجينِ (H_2) لتكوينِ مولٍ منَ الماءِ السائلِ، ويرافقُ ذلكَ انبعاثُ طاقةٍ حراريةٍ مقدارُها (285.8 kJ/mol)، وهذهِ الطاقةُ تمثلُ حرارةَ التكوينِ القياسيةَ للماءِ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (ΔH°_f)،

✓ أتحقَّقُ:

للتخلص من الأكسجين نضرب المعادلة الأولى بـ (2)، ونعكس المعادلة الثانية ونضربها بـ (3)، ونجمعهما؛ لتصبح المعادلات على النحو الآتي:

$$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H = -3352kJ$$

$$3MnO_{2(S)} \longrightarrow 3Mn_{(S)} + 3O_{2(g)} \qquad \Delta H = +1650\ kJ$$

$$4Al_{(S)} + 3MnO_{2(S)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)} + 3Mn_{(S)} \qquad \Delta H = -1792\ kJ$$

ويمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H^\circ_f = -285.8\ kJ$$

ويبينُ الجدولُ (4) قيمَ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لعددٍ منِ المركباتِ، حيثُ يمكنُ استخدامُ هذهِ القيمِ في حسابِ حرارةِ التفاعلِ القياسيةِ أوِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ القياسيِّ للتفاعلِ الذي يُرمَزُ إليهِ (ΔH°)، الذي يساوي مجموعَ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لجميعِ المركباتِ في التفاعلِ، يُلاحَظُ أنَّ حرارةَ التكوينِ القياسيةَ للمركباتِ الناتجةَ منَ التفاعلِ تكونُ ذاتَ إشارةٍ سالبةٍ، وقدِ اتفقَ العلماءُ أنَّ حرارةَ التكوينِ القياسيةَ للعناصرِ الحرةِ تساوي صفرًا، وبهذا يمكنُ حسابُ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

حيثُ:

ΔH° : التغيُّرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

ΔH°_{re} : حرارةُ التكوينِ القياسيةُ للمركباتِ المتفاعلةِ.

ΔH°_{pr} : حرارةُ التكوينِ القياسيةُ للمركباتِ الناتجةِ.

أفكّرُ: لماذا تظهرُ قيمُ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لبعضِ المركباتِ في الجدولِ بقيمٍ موجبةٍ؟

الجدول(4): قيمُ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لعددٍ منَ المركباتِ، مقيسةٌ بوحدةِ (كيلو جول/مول)

المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f
$Al_2O_{3(s)}$	-1669.8	$C_3H_{8(g)}$	-103.8	$Fe_2O_{3(s)}$	-822.2
$CaCO_{3(s)}$	-1207.0	$C_2H_5OH_{(l)}$	-277.6	$NH_4Cl_{(s)}$	-315.4
$CaO_{(s)}$	-653.5	$H_2S_{(g)}$	-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
$C_2H_{2(g)}$	+226.7	$H_2O_{(g)}$	-241.8	$SO_{3(g)}$	-395.2
$C_2H_{4(g)}$	+52.7	$H_2O_{(l)}$	-285.8	$HNO_{3(aq)}$	-207.4
$C_2H_{6(g)}$	-84.7	$H_2O_{2(l)}$	-187.6	$CCl_{4(l)}$	-139

إضاءة للمُعلِّم

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، فمثلًا 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:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = 393.5k$$

قراءة جدول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (4) الذي يبين قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات في الظروف القياسية، وتعرُّف حرارة تكوين القاسية لهذه المركبات، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تستخدم هذه القيم في حساب حرارة التفاعل القياسية للتفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية لجميع المركبات في التفاعل، واكتب على اللوح العلاقة التي توضح ذلك:

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

أفكّرُ: لأن بعض المركبات مثل (NO_2) و (NO) تكون الطاقة اللازمة لتكسير الروابط بين ذراتها أكبر من الطاقة الناتجة عن تكوينها.

تعزيز:

- 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.

مثال إضافي

ناقش مع الطلبة المثال (8)، ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

باستخدام الجدول (4)؛ احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الآتي:

$$3NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + NO_{(g)}$$

الحل:

$\Delta H^\circ_f (NO_{2(g)}) = +33.9$ kJ\mol

$\Delta H^\circ_f (H_2O_{(l)}) = -285.8$ kJ\mol

$\Delta H^\circ_f (HNO_{3(aq)}) = -207.4$ kJ\mol

$\Delta H^\circ_f (NO_{(g)}) = +90.4$ kJ\mol

عند حساب حرارة التفاعل القياسية، نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NO_2) بـ (3) بسبب وجود ثلاثة مولات منه، وكذلك نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (HNO_3) بـ (2) بسبب وجود مولين منه في المعادلة،

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

$$\Delta H^\circ_f = \left(3(NO_{2(g)}) + (H_2O_{(l)})\right) - \left(2(HNO_{3(aq)}) + (NO_{(g)})\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = (3(+33.9) + (-285.8) - (2(-207.4) + (+90.4)$$

$$= -184.1 - 324.4 = -508.5 \text{ kJ}$$

أتحقَّق:

نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NH_3) بـ (4)، وكذلك نضرب حرارة التكوين القياسية للمركب (NO_2) بـ (4) بسبب وجود أربعة مولات من كل منها في المعادلة، ونضرب حرارة التكوين القياسية للماء $(H_2O_{(g)})$ بـ (6)، لاحظ أن حرارة تكوين عنصر الأكسجين تساوي صفرًا.

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

$$\Delta H^\circ_f = 4(NH_{3\,(g)}) - \left(4(NO_2) + 6(H_2O_{(g)})\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = 4(-46.1) - \left(4(-207.4) + 6(-241.8)\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = -184.4 - (-829.6 - 1450.8) = -184.4 - (-2280.4) = +2096 \text{kJ}$$

ويبينُ المثالُ الآتي كيفيةَ حسابِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ باستخدامِ قيمِ حرارةِ التكوينِ:

المثالُ 8

باستخدامِ جدولِ (4) الذي يبينُ قيمَ حرارةِ التكوينِ للمركباتِ المختلفةِ أحسبُ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ الآتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

تحليلُ السؤالِ (المعطياتُ):

بالرجوعِ إلى الجدولِ نجدُ أنَّ حرارةَ التكوينِ للمركباتِ في التفاعلِ كما يأتي:

$\Delta H^\circ_f (CH_4) = -74.8$ kJ/mol

$\Delta H^\circ_f (CO_2) = -393.5$ kJ/mol

$\Delta H^\circ_f (H_2O) = -285.8$ kJ/mol

عندَ حسابِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ نضربُ حرارةَ تكوينِ المركبِ بعددِ مولاتِهِ في المعادلةِ

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f(re)}$$

$$\Delta H^\circ = (\Delta H^\circ_f(CO_2) + 2\,\Delta H^\circ_f(H_2O)) - (\Delta H^\circ_f(CH_4) + 2\Delta H^\circ_f(O_2))$$

$$\Delta H^\circ = (-393.5 + 2(-285.8)) - (-74.8 + 0)$$

$$\Delta H^\circ = (-393.5 - 571.6) + 74.8 = -890.3 \text{ kJ}$$

أتحقَّقُ:

باستخدامِ جدولِ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ، أحسبُ حرارةَ التفاعلِ الآتي:

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

حسابُ حرارةِ التفاعلِ الكيميائيِّ لكتلةٍ معينةٍ منَ المادةِ
Calculate Heat of a Chemical Reaction for a Given Mass of a Substance

يُعبَّرُ عنِ الطاقةِ المرافقةِ للتفاعلِ في المعادلةِ الكيميائيةِ بكتابةِ حرارةِ التفاعلِ ضمنَ المعادلةِ؛ ففي التفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ تُكتَبُ حرارةُ التفاعلِ في جهةِ الموادِّ الناتجةِ، في حينِ تكتبُ حرارةُ التفاعلِ في التفاعلِ الماصِّ في جهةِ الموادِّ المتفاعلةِ، وفي كلتا الحالتيْنِ تُعامَلُ الطاقةُ في المعادلةِ كما تُعامَلُ الموادُّ المتفاعلةُ أوِ الناتجةُ، ويمكنُ التعبيرُ عنْ حرارةِ التفاعلِ بكتابتِها إلى جانبِ المعادلةِ، وتُسمّى المعادلةَ الكيميائيةَ الحراريةَ The Thermochemical Equation، فمثلًا يحترقُ مولٌ منْ غازِ الميثانِ بوجودِ الأكسجينِ منتجًا طاقةً حراريةً مقدارُها (882kJ) كما يأتي:

$$CH_{4(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -882kJ$$

بالتدقيقِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ نجدُ أنَّ احتراقَ مولٍ منَ الميثانِ (CH_4) حيثُ كتلتُهُ المولية (16g) احتراقًا تامًّا بوجودِ (2) مولٍ منَ الأكسجينِ ينتجُ ما مقدارُهُ (882kJ) منَ الحرارةِ، ويعني ذلكَ أنَّه ينتجُ منَ احتراقِ مولَيْنِ منَ الميثانِ كتلتُهما (32g) ما مقدارُهُ ($882 \times 2 = 1772$ kJ)، وبالتالي يمكنُ استخدامُ المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ لحسابِ كميةِ الحرارةِ المرافقةِ لاحتراقِ كتلةٍ معينةٍ منَ المادةِ أوْ تفاعلِها.

المثالُ 9

يحترقُ الميثانُ بوجودِ الأكسجينِ؛ وفقَ المعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$CH_{4(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -882kJ$$

فإذا احترقَ (128g) منَ الميثانِ بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ، فأحسبُ كميةَ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للميثانِ تساوي (16g/mol).

تحليلُ السؤالِ: المعطياتُ

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الموزونةِ نجدُ أنَّ احتراقَ مولٍ منَ الميثانِ (CH_4) ينتجُ (882kJ)، وحيثُ إنَّ المطلوبَ حسابُ كميةِ الحرارةِ الناتجةِ عنِ احتراقِ (128g) منَ الميثانِ فإنَّنا نحولُ هذهِ الكتلةَ إلى مولاتٍ كما يأتي:

مناقشة:

وجِّه إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

- كيف يمكن التعبير عن الطاقة المرافقة للتفاعل في المعادلة الموزونة؟
- ماذا نعني بالمعادلة الكيميائية الحرارية؟
- كيف يمكن حساب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل كميات محددة من المواد؟

استمع لإجابات الطلبة وناقشهم بها، ثم بيِّن أن هناك عدة طرق للتعبير عن الحرارة المرافقة للتفاعل في المعادلة الموزونة، منها كتابة الحرارة ضمن المعادلة حيث تكتب جهة المواد المتفاعلة في التفاعل الماص للحرارة، وجهة المواد الناتجة في التفاعل الطارد لها، كما يمكن التعبير عنها بكتابة قيمة التغير في المحتوى الحراري (ΔH) وإشارته إلى جانب المعادلة.

مناقشة:

وجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة احتراق الميثان واجابة السؤال الآتي:

- إلى ماذا يشير التغير في المحتوى الحراري المرافق للتفاعل؟

استمع لإجابات الطلبة، ووضِّح أن احتراق مول من الميثان يستهلك مولين من الاكسجين، وينتج مولًا من ثاني اكسيد الكربون ومولين من الماء، ويرافق هذه العملية إنتاج (882 kJ) وبيِّن لهم أن احتراق مولين من الميثان سوف ينتج ضعف هذه الكمية من الحرارة، واحتراق 3 مول منه ينتج ثلاثة أضعاف هذه الكمية، ثم بيِّن لهم انه يمكن استخدام المعادلة الموزونة لحساب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل أية كميات من المواد المتفاعلة. ولتوضيح ذلك ذكِّر الطلبة بالحسابات الكيميائية.

مثال إضافي

ناقش مع الطلبة المثال (9)، ثم اطلب إليهم حل المثال الآتي:

ينتج غاز أكسيد الكبريت SO_3(VI) من احتراق الكبريت بوجود الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:

$$2S_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -792 \text{ kJ}$$

احسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق (4g) من الكبريت، بوجود كمية وافرة من الأكسجين؛ علمًا 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:

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{4g}{32g\backslash mol} = 0.125\ mol$$

ثم نحسب النسبة المولية للكبريت كما يلي:

$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{0.125}{2} = 0.0\ 625$$

ولحساب كمية الحرارة (q) الناتجة عن احتراق (4g) من الكبريت نضرب النسبة المولية بكمية الحرارة المرافق للتفاعل (ΔH) كما يأتي:

$$q = x \times \Delta H = 0.0625 \times (-792) = -49.5 \text{ kJ}$$

مثال إضافي

ناقش مع الطلبة المثال (10) وبيِّن 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 اطلب منهم حل المثال الآتي:

يتفاعل غاز الأمونيا مع الفلور؛ وفق المعادلة الآتية:

$$NH_{3(g)} + 3F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} + 3HF_{(g)} \quad \Delta H = -881 \text{ kJ}$$

احسب كمية الحرارة الناتجة عن استهلاك (34 g) من غاز الأمونيا؛ علمًا بأن الكتلة المولية له تساوي (17 g\mol).

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{34\ g}{17\ g\backslash mol} = 2\ mol$$

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 المرافق للتفاعل (ΔH) كما يأتي:

$$q = x \times \Delta H = 2 \times (-881) = -1762 \text{ kJ}$$

المثال 10

يُحضَّرُ أكسيدُ الكالسيوم CaO منْ تحللِ كربوناتِ الكالسيوم $CaCO_3$ بالحرارة؛ وفقَ المعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad \Delta H = 178 \text{ kJ}$$

أحسبُ كميةَ الحرارةِ اللازمةِ لتحليلِ (150g) منْ كربوناتِ الكالسيومِ بشكلٍ كاملٍ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية لكربوناتِ الكالسيومِ تساوي (100g/mol).

تحليلُ السؤالِ: المعطياتُ

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الموزونةِ نجدُ أنَّ تحللَ مولٍ كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$ يُنتجُ (178 kJ) وحيثُ إنَّ المطلوبَ حسابُ كميةِ الحرارةِ اللازمةِ لتحللِ (150g) منْ كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$ فإنَّنا نحولُ هذهِ الكتلةَ إلى مولاتٍ كما يأتي:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{150}{100} = 1.5 \text{ mol}$$

ثمَّ نحسبُ النسبةَ المولية (x) للمادةِ $(CaCO_3)$ بقسمةِ عددِ مولاتِ المادةِ (n_r) على عددِ مولاتِها في المعادلةِ (n_e).

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{1.5}{1} = 1.5$$

ثمَّ نحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ (q) عنْها بضربِ النسبةِ المولية (x) بكميةِ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ (ΔH).

$$q = x \times \Delta H = 1.5 \times 178 = 267 \text{ kJ}$$

n : عددُ المولاتِ
m : كتلةُ المادةِ
M_r : الكتلةُ المولية

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{128}{16} = 8\ mol$$

ثمَّ علينا حسابُ النسبةِ المولية (x) للمادةِ (CH_4) بقسمةِ عددِ مولاتها في التفاعلِ (n_r) على عددِ مولاتِها في المعادلةِ (n_e).

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{8}{1} = 8$$

ثمَّ نحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ (q) عنْها بضربِ النسبةِ المولية (x) بكميةِ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ (ΔH).

$$q = x \times \Delta H = 8 \times 882 = 7056 \text{ kJ}$$

الربطُ بالفيزياء تحولات الطاقة

تعبر 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 مولداً 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 **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.

2 لأن الحرارة الناتجة عند تكوين الروابط بين ذرات المواد الناتجة أكبر من الحرارة اللازمة لتكسيرالروابط بين ذرات المواد المتفاعلة.

3 $\Delta H = \big((N\equiv N) + 6(H\text{-}O)\big) - \big(6(N\text{–}H) + 3\backslash 2\ (O=O)\big)$

$\Delta H = (942 + 2784) - (2316 + 741) = 669\ kJ$

4 $\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$

$\Delta H^\circ_f = \big(NO_{(g)} + CO_{2\,(g)}\big) - \big(NO_{2(g)} + CO_{(g)}\big)$

$\Delta H^\circ_f = 90.4 + (-393.5) - \big(33.9 + (-110.5)\big)$

$\Delta H^\circ_f = -303.1 - 76.6 = -379.7\ kJ$

5 نحسب عدد مولات (HCN):

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{20g}{27g\backslash mol} = 0.74\ mol$$

نحسب النسبة المولية:

$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{0.74}{2} = 0.37$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.37 \times (-940) = -347.8\ kJ$$

✓ أتحقَّقُ:

1)يُحضَّرُ أكسيدُ النيتروجينِ (NO) باحتراقِ الأمونيا بوجودِ الأكسجينِ؛ وفقَ المعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -904.6\ kJ$$

أحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ عندَ احتراقِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأمونيا لإنتاجِ (200g) منْ أكسيدِ النيتروجينِ (NO). علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية لأكسيدِ النيتروجينِ (NO) تساوي (30g/mol).

2)يحترقُ الإيثانولُ السائلَ (CH_3CH_2OH) بوجودِ الأكسجينِ؛ وفقَ المعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$CH_3CH_2OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -1368\ kJ$$

فإذا احترقَ (30g) منَ الإيثانولِ بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ فأحسبُ كميةَ الحرارةِ المرافقةَ للتفاعلِ. علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للإيثانولِ تساوي (46g/mol).

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ**: ما المقصودُ بكلٍّ منَ: طاقةِ الرابطةِ، وحرارةِ التكوينِ القياسيةِ؟

2 – **أفسرُ**. تعد تفاعلات احتراق الوقود تفاعلات طاردة للحرارة.

3 – **أحسبُ** حرارةَ التفاعلِ الآتي باستخدامِ جدولِ قيمِ الرابطةِ:

$$N_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$$

4 – **أحسبُ**. باستخدامِ جدولِ قيمِ التكوينِ القياسيةِ، أحسبُ حرارةَ تفاعلِ:

$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

5 – **أحسبُ**. يُحضَّرُ سيانيدُ الهيدروجينِ (HCN) وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2CH_{4(g)} + 2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(g)} + 2HCN_{(g)} + 940\ kJ$$

إذا جرى إنتاجُ 20 غرامًا منْ سيانيدِ الهيدروجينِ، فأحسبُ الطاقةَ المرافقةَ للتفاعلِ؛ علمًا أنَّ الكتلةَ المولية لـ (HCN) = 27g/mol

✓ أتحقَّقُ:

1) نحسب عدد مولات (NO):

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{200g}{30g\backslash mol} = 6.66\ mol$$

نحسب النسبة المولية:

$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{6.66}{4} = 1.66$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 1.66\ (-904.6) = -1501.64\ kJ$$

2) نحسب عدد مولات الايثانول :

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{30g}{46g\backslash mol} = 0.65\ mol$$

نحسب النسبة المولية:

$$x = \frac{nr}{ne} = \frac{0.65}{1} = 0.65$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.65\ (-1368) = -889.2\ kJ$$

الهيدروجين باعتباره وقودًا
Hydrogen as Fuel

المناقشة:

- وجِّه الى الطلبة السؤال الآتي:

– من أين تحصل المركبات الفضائية والغواصات على الطاقة اللازمة لتشغيلها؟

استمع لإجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن مصدر الطاقة في هذه المركبات، والغواصات، وبعض المستشفيات الكبرى، والمنشآت الضخمة تعتمد على خلايا الوقود في الحصول على الطاقة اللازمة لها.

- ثم وجِّه اليهم السؤال الآتي:

– ما مصدر الطاقة في هذه الخلايا؟

تقبَّل إجابات الطلبة، وبيِّن لهم أن احتراق الهيدروجين يعد مصدر الطاقة في هذه الخلايا.

قراءة الجداول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (5)، واطلب إليهم المقارنة بين كميات الطاقة الناتجة عن حرق غرام من أنواع مختلفة من الوقود، ثم وجِّه إليهم السؤال الآتي:

– أي أنواع هذه الوقود له قيمة حرارية أعلى؟

استمع لإجاباتهم، وبيِّن لهم أن الهيدروجين له أعلى قيمة حرارية؛ إذ إن غرامًا واحدًا منه ينتج كمية أكبر من الطاقة؛ مقارنة بأنواع الوقود الأخرى في الجدول.

- ثم وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (6)، واطلب إليهم تحديد ميزات استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا للسيارات، وعيوبه.

استمع لإجابات الطلبة، وناقشهم في مزايا استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا في السيارات.

الهيدروجينُ باعتبارهِ وقودًا Hydrogen as Fuel

يعدُّ تفاعلُ احتراقِ الهيدروجينِ بوجودِ الأكسجينِ منَ التفاعلاتِ الأكثرِ إنتاجًا للطاقةِ بينَ الموادِّ فهوَ منَ التفاعلاتِ الطاردةِ للطاقةِ؛ حيثُ يحترقُ الهيدروجينُ وفقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$$

فعندَ احتراقِ (2g) منَ الهيدروجينِ يُنتِجُ الهيدروجين طاقةً حراريةً مقدارُها (286 kJ)، وهذهِ الكميةُ منَ الطاقةِ كبيرةٌ مقارنةً بما تُنتجهُ الكميةُ نفسُها منْ أنواعِ الوقودِ الأخرى؛ لذلكَ يُستخدَمُ الهيدروجينُ باعتبارهِ وقودًا في الصواريخِ الفضائيةِ والغواصاتِ، وحيثُ إنَّ احتراقَ الهيدروجينِ لا يرافقهُ إنتاجُ أيٍّ منْ أنواعِ الغازاتِ السامةِ؛ فهوَ يُعدُّ منَ الوقودِ النظيفِ. ويبينُ الجدولُ (5) كميةَ الطاقةِ الناتجةِ عنِ احتراقِ غرامٍ واحدٍ لعددٍ منْ أنواعِ الوقودِ المختلفةِ.

الجدول (5): كميةُ الطاقةِ الناتجةِ عنِ احتراقِ غرامٍ واحدٍ منْ بعضِ أنواعِ الوقودِ

الوقودُ	كميةُ الطاقةِ (kJ/g) الناتجةِ
الهيدروجينُ	143
الميثانُ	55
الأوكتانُ (المكونُ الرئيسُ للنفطِ)	44
الجلوكوزُ	16

ويبينُ الجدولُ(6) مزايا استخدامِ الهيدروجينِ باعتبارهِ وقودَ احتراقٍ، وعيوبَهُ في السياراتِ:

الجدول (6): مزايا استخدامِ الهيدروجينِ باعتبارهِ وقودَ احتراقٍ في السياراتِ، وعيوبُ ذلكَ الاستخدامِ:

مزايا استخدامِ الهيدروجينِ	عيوبُ استخدامِ الهيدروجينِ
إنتاجُ كميةٍ كبيرةٍ منَ الطاقةِ لكلِّ غرامٍ مقارنةً معَ أنواعِ الوقودِ الأخرى.	كثافةُ الهيدروجينِ السائلِ تعادلُ عُشرَ كثافةِ البنزينِ؛ لذلكَ تحتاجُ المركباتُ التي تستخدمُ الهيدروجينَ إلى خزاناتِ وقودٍ أكبرَ بكثيرٍ منْ تلكَ التي تستخدمُ البنزينَ أوِ الديزلَ.
لا يرافقُ احتراقَهُ انبعاثٌ للغازاتِ السامةِ، مثلِ: ثاني أكسيدِ الكربونِ، أوْ ثاني أكسيدِ الكبريتِ	يجبُ ضغطُ الهيدروجينِ وتخزينهُ بأمانٍ في خزانِ الوقودِ؛ فهوَ غازٌ قابلٌ للاشتعالِ.
	عدمُ توافرِ عددٍ كافٍ منْ محطاتِ الوقودِ التي تستخدمُ الهيدروجينَ وقودًا.

أبحثُ: مستعينًا بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ: (خليةُ الهيدروجينِ، الهيدروجينُ باعتبارهِ وقودًا، كيفيةُ عملِ خليةِ الهيدروجينِ) عنْ كيفيةِ عملِ خليةِ الهيدروجينِ في إنتاجِ الطاقةِ، وأكتبُ تقريرًا بذلكَ، وأناقشهُ معَ معلمي وزملائي، أوْ أصممُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضهُ أمامَهمْ.

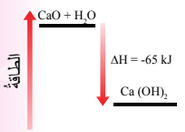
أبحث وجِّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية الآتية: خلية الهيدروجين، الهيدروجين باعتباره وقودًا، كيفية عمل خلية الهيدروجين، ثم كتابة تقرير، أو إعداد عرض تقديمي، عن الموضوع ، ثم ناقشهم فيه.

مراجعةُ الوحدةِ

1. أوضحُ المقصودَ بالمصطلحاتِ والمفاهيمِ الآتيةِ:

- تغيُّرُ المحتوى الحراريِّ.
- التفاعلُ الماصُّ للحرارةِ.
- طاقةُ التجمدِ الموليةُ.
- طاقةُ التسامي الموليةُ.
- الحرارةُ النوعيةُ.
- حرارةُ التكوينِ القياسيةُ.
- القيمةُ الحراريةُ للوقودِ.

2. المخططُ المجاورُ يمثلُ تفاعلَ أكسيدَ الكالسيومِ معَ الماءِ لإنتاجِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ، أدرسُ المخططَ وأجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



أ. هلِ التفاعلُ ماصٌّ أمْ طاردٌ للحرارةِ؟

ب.أيُّهما أكثرُ الطاقةُ اللازمةُ لكسرِ الروابطِ في الموادِّ المتفاعلةِ؟ أمِ الطاقةُ المنبعثةُ عندَ تكوينِ النواتجِ؟

جـ.أكتبُ معادلةً كيميائيةً حراريةً تمثلُ التفاعلَ.

3. أدرسُ التفاعلاتِ الآتيةَ، وأجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

1) $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + Heat$

2) $6CO_{2(g)} + Heat + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$

3) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + Heat \rightarrow 2NO_{2(g)}$

4) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + Heat$

أ. أحددُ التفاعلَ الطاردَ للطاقةِ، والتفاعلَ الماصَّ لَها.

ب.أحددُ أيُّها تكونُ قيمةُ (ΔH) لَها إشارةً سالبةً.

جـ.**أستنتجُ:** أيُّها يكونُ فيهِ المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلةِ أكبرَ منَ المحتوى الحراريِّ للموادِّ الناتجةِ.

د. **أرسمُ** مخططًا لكلٍّ منْ: تكوينِ المركبِ (NO_2) والمركبِ (NH_3) يبينُ التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ لكلٍّ منهُما.

4. **أفسرُ** ما يأتي:

أ. تعدُّ عمليةُ التبخرِ تحولًا فيزيائيًّا ماصًّا للطاقةِ، وعمليةُ التجمدِ تحولًا فيزيائيًّا طاردًا للطاقةِ.

ب.طاقةُ التسامي الموليةُ أكبرُ منْ طاقةِ التبخرِ الموليةِ.

5. **أحسبُ المتغيراتِ:** إذا كانَ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ لتفاعلٍ ما (90kJ)، وللموادِّ المتفاعلةِ (10kJ)، فكمْ يكونُ التغيُّرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ؟ وما إشارتهُ؟

4 أ. لأن تحول الماء السائل الى بخار يلزمه طاقة كافية للتغلب على الترابط بين جزيئات الماء السائل فتنفصل 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 التبخر.

5

$\Delta H = Hpr - Hre$

$\Delta H = 90\ kJ - 10\ kJ = +\ 10kJ$

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 حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين.

2 أ. التفاعل طارد للحرارة.

ب. الطاقة المنبعثة عند تكوين المواد الناتجة.

جـ. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

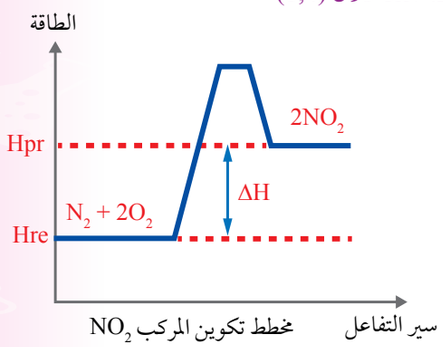
3 أ. التفاعلات الطاردة للطاقة: (1,4)

التفاعلات الماصة للطاقة: (2,3)

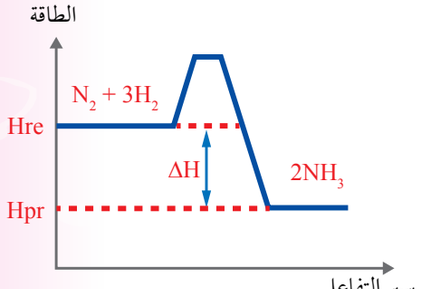
ب. ΔH تكون قيمة سالبة للتفاعلين (1,4)

جـ. التفاعلان (1,4)

د.

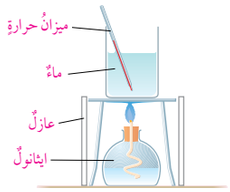


مخطط تكوين المركب NO_2



مخطط تكوين المركب NH_3

6. قامَ مجموعةٌ منَ الطلابِ بتجربةِ لقياسِ الطاقةِ المنبعثةِ منْ حرقِ أنواعٍ مختلفةٍ منَ الوقودِ السائلِ في المشعلِ، بتسخينِ (200ml) منَ الماءِ في وعاءٍ معدنيٍّ، وقدْ حصلوا على النتائجِ الآتيةِ المبينةِ في الجدولِ، أدرسُ هذهِ النتائجَ، وأجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



قياسُ الحرارةِ الناتجةِ عن احتراقِ الوقودِ.

اسمُ الوقودِ	كتلةُ الوقودِ المحترقةُ (g)	الارتفاعُ في درجةِ حرارةِ الماءِ في علبةٍ معدنيةٍ	ارتفاعُ درجةِ حرارةِ الماءِ لكلِّ جرامٍ منَ الوقودِ المحترقِ
الإيثانولُ	1.1	32	
البارافينُ	0.9	30	
بنتانُ	1.5	38	
أوكتانُ	0.5	20	

أ . من وجهةِ نظرِكَ، كيفَ توصلَ الطلبةُ إلى حسابِ مقدارِ الوقودِ الذي حُرِقَ في كلِّ تجربةٍ؟

ب.أكملُ العمودَ الأخيرَ منَ الجدولِ بحسابِ الارتفاعِ في درجةِ حرارةِ الماءِ الناتجِ عنْ حرقِ غرامٍ واحدٍ منَ الوقودِ .

جـ.ما الوقودُ الذي أنتجَ أعلى ارتفاعٍ في درجةِ الحرارةِ لكلِّ جرامٍ تمَّ حرقهُ؟

د . **أصفُ:** إذا تكررتْ تجربةُ الأوكتانِ باستخدامِ (400ml) منَ الماءِ في العلبةِ المعدنيةِ؛ فما الارتفاعُ المتوقعُ في درجةِ الحرارةِ تقريبًا؟ أصفُ كيفَ توصلتُ إلى إجابتي.

هـ. **أفسرُ:** استخدمتْ مجموعةٌ أخرى منَ الطلبةِ دورقًا زجاجيًّا بدلاً منَ العلبةِ المعدنيةِ في تجاربِهم. أيةُ مجموعةٍ منَ الطلبةِ ستحصلُ على نتائجَ أكثرَ دقةً؟

و . **أفسرُ:** قياسُ تغيراتِ الطاقةِ عندَ حرقِ الوقودِ في المصباحِ الكحوليِّ (Spirit Lamp) لا يعطي نتائجَ دقيقةً للغايةِ.

7. يحترقُ مولٌ منَ الميثانِ (CH_4) بوجودِ كميةٍ وافرةٍ منَ الأكسجينِ لتكوينِ ثاني أكسيدِ الكربونِ (CO_2) والماءِ (H_2O)، وينتجُ عنْ ذلكَ كميةٌ منَ الحرارةِ مقدارُها (882kJ).

أ . أكتبُ معادلةً كيميائيةً حراريةً تعبِّرُ عنِ التفاعلِ.

ب.**أرسمُ** مخططًا يبينُ تغيُّرَ المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

8. وعاءٌ يحتوي (40g) منَ الماءِ درجةُ حرارتِهِ (حرارةِ الماءِ) (25°C)، أحسبُ درجةَ حرارةِ الماءِ النهائيةِ؛ إذا وُضِعَتْ فيهِ قطعةٌ منَ الألمنيومِ كتلتُها (25g) ودرجةُ حرارتِها (60°C) درجةً سيليزيةً.

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 ، اوكتان: 40

جـ. أوكتان

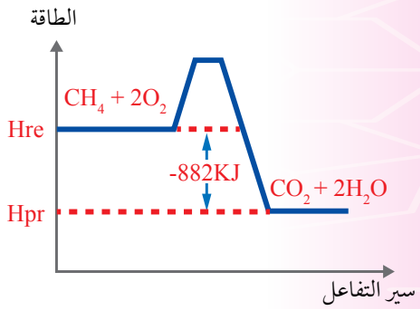
د. يتوقع أن يكون حوالي (10°C) أي نصف الارتفاع في درجة الحرارة، وذلك لأن كمية الحرارة الناتجة نفسها تتوزع على كمية من الماء تساوي ضعف الكمية المستخدمة في التجربة الأساسية.

هـ. المجموعة التي تستخدم العلبة الفلزية؛ لأن العلبة الفلزية أكثر قدرة على توصيل الحرارة من الوعاء الزجاجي.

و. لأن جزءًا من الحرارة سوف ينتقل إلى الوسط المحيط ما يقلل كمية الحرارة التي تصل إلى الماء.

7 أ . $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + 882\ kJ$

ب.



8 لاحظ أن كمية الحرارة التي يمتصها الماء تساوي كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الألمنيوم، أي أن

$$q(H_2O) = -\ q(Al)$$

$$m \cdot s \cdot \Delta t = -(m \cdot s \cdot \Delta t)$$

$$40 \times 4.18\ (t_2 - 25) = -(25 \times 0.89\ (t_2 - 60)$$

$$167.2\ t_2 - 4180 = -22.25\ t_2 + 1335$$

$$167.2\ t_2 + 22.25\ t_2 = 1335 + 4180$$

$$t_2 = \frac{5520}{189.45} = 29°C$$

9. **أحسبُ** الحرارةَ النوعيةَ لمعدنٍ مجهولٍ، إذا وُضِعَتْ قطعةٌ منهُ كتلتُها (20g)، ودرجةُ حرارتِها (70°C)، في (40g) منَ الماءِ عندَ درجةِ حرارةِ (25°C)، فارتفعتْ درجةُ حرارةِ الماءِ بمقدارِ (3.5°C).

10. **أحسبُ** كميةَ الحرارةِ اللازمةَ لتسخينِ قطعةٍ منَ النحاسِ كتلتُها (15g) منْ (22°C) إلى (60°C).

11. **أحسبُ** حرارةَ التفاعلِ (ΔH) باستخدامِ طاقةِ الروابطِ للتفاعليْنِ الآتييْنِ:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

12. الهيدرازينُ السائلُ (N_2H_4) هوَ أحدُ أنواعِ الوقودِ المستخدمِ في المركباتِ الفضائيةِ، أحسبُ حرارةَ التفاعلِ الناتجةَ عنْ تكوينِ الهيدرازينِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)}$$

علمًا بأنَّ:

$$N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -622kJ$$

$$H_{2(g)} + 1\backslash 2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286kJ$$

13. يتكونُ رابعُ كلوريدِ الكربونِ (CCl_4) بتفاعلِ غازِ الميثانِ (CH_4) معَ غازِ الكلورِ (Cl_2)، وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$CH_{4(g)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow CCl_{4(l)} + 4HCl_{(g)}$$

باستخدامِ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ للمركباتِ في التفاعلِ أحسبُ حرارةَ التفاعلِ (ΔH°).

14. يحترقُ غازُ كبريتيدِ الهيدروجينِ (H_2S) بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ، وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$2H_2S_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -1036kJ$$

أحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ عنِ احتراقِ (29.5g) منهُ، علماً بأنَّ الكتلةَ المولية لكبريتيد الهيدروجين = 34g/mol.

15. يحترقُ الجلوكوزُ في الجسمِ لإنتاجِ الطاقةِ اللازمةِ لقيامِ الخلايا بالوظائفِ المختلفةِ؛ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -2820kJ$$

فإذا كانتِ الطاقةُ التي يحتاجُها لاعبُ كرةِ سلةٍ خلالَ الساعةِ التدريبيةِ الواحدةِ تساوي (2100kJ)، فأحسبُ أقلَّ كتلةٍ منَ السكرِ يتمُّ حرقُها؛ إذا تدربَ اللاعبُ لمدةِ ساعتيْنِ، علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للجلوكوزِ = (180g/mol).

9 درجة الحرارة النهائية للمعدن = درجة الحرارة النهائية للماء

درجة الحرارة النهائية للمعدن = 28°C

$\Delta t(m) = 70 - 28.5 = 41.5°C$

$q(w) = - q(m)$

$m \cdot s \cdot \Delta t = -(m \cdot s \cdot \Delta t)$

$40 \times 4.18 \times 3.5 = -(20 \times s \times (-41.5))$

$585.2 = 830\ s$

$s = 0.7\ J\backslash g°C$

10

$\Delta t = 60 - 22 = 38°C$

$q = m \cdot s \cdot \Delta t = 15 \times 0.38 \times 38 = 722\ kJ$

11

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = (H\text{-}H) + (I\text{-}I) - 2(H\text{-}I)$

$\Delta H = (436 + 149) - 2(295) = -5\ kJ$

$\Delta H = (N\equiv N) + 3(H\text{-}H) - 6(N\text{-}H)$

$\Delta H = (942) + 3(436) - 6(386) = -66\ kJ$

12 للحصول على المعادلة النهائية نعكس المعادلة الأولى وإشارة (ΔH)، ثم نضرب المعادلة الثانية بـ (2) وقيمة (ΔH) ثم نجمع المعادلتين على النحو الآتي:

$N_2 + 2H_2O \rightarrow N_2H_4 + O_2 \qquad \Delta H = +622\ kJ$

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \qquad \Delta H = -572\ kJ$

$N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4 \qquad \Delta H = +50\ kJ$

13

$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$

$\Delta H^\circ = (4\Delta H^\circ_f(CCl_{4(l)}) + 4\Delta H^\circ_f(HCl_{(g)})) - \Delta H^\circ_f(CH_{4(g)})$

$\Delta H^\circ = 4(-139) + 4(-92.3) - (74.8) = -433.4\ kJ$

14 نحسب عدد مولات (H_2S)

$n = \frac{m}{Mr} = \frac{29.5}{34} = 0.876\ mol$

نحسب النسبة المولية له:

$X = \frac{0.876}{2} = 0.433\ mol$

نحسب كمية الحرارة:

$q = X \times \Delta H = 0.433 \times (-1036) = -448.59\ kJ$

15 يحتاج اللاعب في كل ساعة 2100 kJ، ويحتاج في الساعتين 4200kJ، وحسب المعادلة فإن:

$1mol\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2820\ kJ$

$X\ mol \longrightarrow 4200\ kJ$

$x = \frac{4200kJ}{2820kJ} \times 1\ mol = 1.489\ mol$

$m = n \times Mr = 1.489\ mol \times 180\ g\backslash mol$

$m = 268g$

16

رقم الفقرة	رمز الإجابة
1	جـ
2	د
3	د
4	ب
5	جـ

16. أختارُ رمزَ الإجابةِ الصحيحةِ لكلٍّ منَ الفقراتِ الآتيةِ:

1 . يكونُ التغيرُ في المحتوى الحراريِّ سالبًا عندَما يكونُ:

أ . المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ مساويًا للمحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ.

ب.المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ أكبرَ من المحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ.

جـ.المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ أقلَّ من المحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ.

د . المحتوى الحراريُّ للموادِّ المتفاعلةِ أقلَّ من المحتوى الحراريِّ للموادِّ الناتجةِ.

2 . يكونُ التفاعلُ ماصًّا للحرارةِ عندَما:

أ . تفقدُ المادةُ الحرارةَ إلى الوسطِ المحيطِ.

ب.تكسبُ المادةُ الحرارةَ منَ الوسطِ المحيطِ.

جـ.عندَما تتعادلُ طاقةُ التفاعلِ معَ الوسطِ المحيطِ.

د . عندَما يكونُ التغيرُ في المحتوى الحراريِّ سالبًا.

3 . زيادةُ درجةِ حرارةِ غرامٍ واحدٍ منَ المادةِ درجةً سيليزيةً واحدةً تشيرُ إلى:

أ . التغيرِ في المحتوى الحراريِّ.

ب.المحتوى الحراريِّ للمادةِ.

جـ.السعةِ الحراريةِ.

د . الحرارةِ النوعيةِ.

4 . تشيرُ حرارةُ التفاعلِ الناتجِ عنْ تكوينِ مولٍ واحدٍ منَ المركبِ منْ عناصرِهِ الأساسيةِ إلى:

أ . طاقةِ الرابطةِ .

ب.حرارةِ التكوينِ القياسيةِ.

جـ.قانونِ هيس.

د . التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

5 . يشيرُ قانونُ هيس إلى أنَّ:

أ . حرارةَ التفاعلِ تعتمدُ على المسارِ الذي يسلكهُ التفاعلُ .

ب.حرارةَ التفاعلِ تعتمدُ على الخطوةِ الرئيسةِ لتكوينِ النواتجِ.

جـ.حرارةَ التفاعلِ تمثلُ مجموعَ التغيراتِ الحراريةِ لخطواتِ حدوثِ التفاعلِ.

د . حرارةَ التفاعلِ تمثلُ الفرقَ بينَ مجموعِ طاقاتِ الروابطِ للموادِّ المتفاعلةِ والموادِّ الناتجةِ.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية الوحدة الرابعة:

التجربة الإثرائية:

1. يحترق شريط المغنيسيوم بلهب يظهرعلى شكل ضوء أبيض (وميض) ساطع، منتجًا مادة بيضاء اللون.

2. MgO

3. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

اجابات أسئلةِ الاختباراتِ الدوليةِ

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) فيَنتج جزيئان من الماء يحتوي كل جزيء منهما على ذرة أكسجين، وذرتي هيدروجين. وبهذا فان عدد الذرات المتفاعلة ونوعها نفسه في المادة الناتجة.

السؤال الثالث:

أ - غاز الأكسجين.

ب- غازا الأكسجين والنتروجين.

إجابات أسئلة التجربة الإثرائية:

التحليل والاستنتاج:

1. الماء ومحلول ملح كلوريد الصوديوم، كما في المعادلة:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2. معادلة التعادل:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

أستنتج أن الماء ينتج من تعادل الأيونات الموجودة في المحلول مباشرةً.

3. أجد كمية الحرارة المرافقة للتفاعل.

لحساب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل؛ يمكن تطبيق النتائج التي توصلت اليها 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؛ باستخدام العلاقة الآتية: $n = m \times Mr$

5. لاحظ أن كمية الحرارة المحسوبة تمثل كمية الحرارة الناتجة باستخدام الكميات المستخدمة في التجربة، إلّا أن حرارة التفاعل (ΔH) تمثل كمية الحرارة المرافقة لتعادل مولًا من الحمض، ويمكن حسابها باستخدام العلاقة الأتية:

$$\Delta H = \frac{q}{n}$$

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:

لاحظ 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، إلّا أنه يفقد الحرارة بسرعة أكبر من غيره، وتقل درجة حرارته قبل غيره من المواد.

السؤال الثاني:

أ –

$$Sn + Cl_2 \rightarrow SnCl_2 \qquad \Delta H = -325\ Kj$$

$$SnCl_2 + Cl_2 \rightarrow SnCl_4 \qquad \Delta H = -186\ kJ$$

ب –

$$Sn + 2Cl_2 \rightarrow SnCl_4$$

جـ –

$$\Delta H = \Delta H1 + \Delta H2 = -325kJ + (-186kJ) = -511\ kJ$$

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

- خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج٢، ٢٠٠٩م.
- صالح محمد، وصابر محمد، وعثمان عثمان، **أسس ومبادئ الكيمياء**، ج٢، الدار العربية للنشر، ٢٠٠٠م.
- إبراهيم صادق الخطيب، ومصطفى تركي عبيد، **الكيمياء العامة**، عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع، ٢٠٠٤م.
- جيمس برادي، وجيرارد هيوم ستون، **الكيمياء العامة والمبادئ والبنية**، ج١، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلبي، نيويورك، جون ويلي للنشر، ١٩٩٢م.
- محمد إسماعيل الدرملي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة؛ ماهيتها، عناصرها**، دار العلم والإيمان، ودار الجديد للنشر والتوزيع، ٢٠١٨م.
- محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط (٤)، العين، دار الكتاب الجامعي، الإمارات العربية المتحدة، ٢٠١٢م.
- حسام يوسف صالح، **طرائق واستراتيجيات تدريس العلوم**، بغداد، دار الكتب والوثائق الوطنية، ٢٠١٦م.
- رعد رزوقي، وفاطمة الأمير، ووفاء نجم، وزينب أحمد، **تدريس العلوم واستراتيجياته**، عمّان، دار المسيرة، ٢٠١٦م.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

- 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).