المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الكيمياء

الصف العاشر

10

الفصل الدراسي الثاني

دليل المعلم

دليل المُعلِّم

الكيمياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الثاني

10

فريـق التأليـف

موسى عطا الله الطراونـة (رئيسًا)

بـــلال فـــارس محمـــود تيســـير أحمـــد الصبيحـــات

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

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

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

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم اسـتخدام هـذا الدليـل في مـدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعـلى للمركز الوطنـي لتطوير المناهـج في جلسـته رقـم (2022/5)، تاريـخ 2022/7/21 م، وقـرار مجلس التربيـة والتعليم رقـم (2022/85)، تاريـخ 2022/8/16 م، بدءًا مـن العام الدراسي 2022 / 2023 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2020.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 115 - 5

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

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

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

ج2(86) ص.

ر.إ.: 2020/10/4582

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

يتحمَّل المُؤلِّف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مُصنَّفه، ولا يُعبِّر هذا المُصنَّف 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) 1443 هـ – 2022

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة 4:التفاعلات والحسابات الكيميائية	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: الطاقة الكيميائية	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	M1
قائمة المراجع	M5

الوحدة الرابعة : التفاعلات والحسابات الكيميائية

تجربة استهلالية: المعادلة الكيميائية			
الدرس	نتاجات التعلم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: التفاعلات الكيميائية	• التعبير عن التغير الكيميائي بمعادلة كيميائية موزونة. • استكشاف أنواع التفاعلات الكيميائية، والتمييز بينها.	○ تفاعل الاتحاد. ○ تفاعل التحلل. ○ تفاعل الإحلال الأحادي.	3
الثاني: المول والكتلة المولية	• توضيح مفهوم المول. • الربط بين المول وعدد أفوجادرو. • تعرّف الكتلة الذرية النسبية، والكتلة الجزيئية، والكتلة المولية وكتلة الصيغة. • توظيف مفهوم المول في بعض الحسابات الكيميائية.		2
الثالث: الحسابات الكيميائية	• حساب النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب. • تحديد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للمركب. • حساب عدد مولات مركب وكتلته المتفاعلة أو الناتجة. • حساب المردود المئوي للتفاعل.		4

النتاجات السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الرابعة – التفاعلات والحسابات الكيميائية

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• توظيف التفاعلات الكيميائية، مثل: تفاعلات الفلزات مع الأكسجين والماء، وتفاعلات اللافلزات مع الأكسجين.	الثامن		
• تعرّف تفاعلات الاستبدال. • استقصاء تفاعلات الفلزات مع الماء والأكسجين وحمض الهيدروكلوريك. • كتابة معادلة كيميائية لتفاعل الفلز مع الحمض. • استقصاء ترتيب سلسلة النشاط الكيميائي.	التاسع	• استقصاء أنواع التفاعلات الكيميائية.	الحادي عشر

التفاعلاتُ والحساباتُ الكيميائيةُ

Reactions and Stoichiometry

أتأمَّل الصورة

- أوجِّه الطلبة إلى تأمل صورة الوحدة، ثم أسألهم:
  - صف ما تراه في الصورة.
- أتقبَّل منهم الإجابات، ولا أستبعد أيًّا منها.

  من الإجابات المحتملة: تفاعل كيميائي بين المواد، تصاعد غازات من التفاعل.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - كيف نعبر عن التفاعل الكيميائي؟
- أستمع إلى إجابات، ثم أناقشهم للتوصل معهم إلى التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية موزونة تبين رموز المواد المتفاعلة والناتجة وصيغها، وكمياتها، وشروط حدوث التفاعل من: حرارة وضغط وغيرهما.
- أبيِّن للطلبة أن عمل قالب الحلوى أو العصائر يحتاج إلى أوزان محددة من المواد كالسكر والماء وغيرهما. وهكذا الصناعات الكيميائية مثل: صناعات الأدوية والأسمدة التي تعتمد على حساب كميات محددة من المواد المتفاعلة؛ لإنتاج مواد جديدة حسب المواصفات المرغوبة.

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؟

الفكرة العامة:

- أقرأ الفكرة العامة للوحدة للطلبة، وأكتبها على اللوح، ثم أمهِّد للوحدة بالحديث عن مفهوم المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وأذكر لهم أن المتفاعلات تُكتب يسار السهم في المعادلة الكيميائية، في حين تُكتب النواتج يمين السهم. وأنه يُعبَّر عن كل من المواد المتفاعلة والناتجة في المعادلة بصيغ كيميائية للمركبات، ورموز للعناصر.
- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

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

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

– أتقبَّل إجابات الطلبة، وأصحِّح الخطأ منها. **الإجابة المحتملة:** صوديوم Na، معنيسيوم Mg، ألمنيوم Al، كلور Cl، نيتروجين N، أكسجين O، كبريت S، نترات البوتاسيوم KNO_3، كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، الأمونيا NH_3، حمض الهيدروكلوريك HCl

- أبيِّن 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:

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

الفكرة العامة:

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 وكمياتِها وحالاتِها الفيزيائيةَ.

الدرسُ الثاني: المولُ والكتلةُ المولية

الفكرةُ الرئيسةُ: يرتبطُ مفهومُ المولِ بالكتلةِ الموليةِ 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.

الهدف: كتابة المعادلة الكيميائية

زمن التنفيذ: 10 min.

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة (2) أوجِّه انتباه الطلبة إلى استعمال المخبار المدرج؛ لقياس الكميات المحددة من محلول بروميد البوتاسيوم ومحلول نترات الرصاص.
- في الخطوة(3) أطلب إلى الطلبة إضافة محتويات الكأس الاولى ببطء إلى الكأس الثانية مع التحريك، وملاحظة التغيرات التي تطرأ.
- أتجوَّل بين الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأدير نقاشًا معهم لاستنتاج التفاعل الحاصل وقانون حفظ الكتلة.

النتائج المتوقعة:

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

التحليل والاستنتاج:

1. لم تتغير قراءة الميزان.
2. تكوَّن مادة راسبة صفراء اللون.
3. $Pb(NO_3)_{2(aq)} + 2KI_{(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbI_{2(s)}$

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، وأضبطُهُ للحصولِ على قراءةِ مؤشرٍ 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** قراءةَ الميزانِ قبلَ خلطِ المادتيْنِ وبعدَها.

2- **ألاحظُ** التغيراتِ التي تدلُّ على 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)	جيد جدًّا (3)	ممتاز (4)
1	قياس كميات المواد بدقة				
2	تسجيل قراءة الميزان قبل الخلط وبعده بدقة				
3	تفسير النتائج بصورة علمية				
4	كتابة معادلة موزونة للتفاعل				

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية:** الأمن والسلامة.

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

الدرس 1

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم أمهّد للدرس بالحديث عن تمثيل التفاعلات الكيميائية المختلفة بمعادلات كيميائية موزونة.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– لماذا يتم التعبير عن التفاعل بمعادلة كيميائية؟

أنظِّم جلسة عصف ذهني، وأتقبل إجابات الطلبة.

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

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع 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

- أحضر قطعة من الجليد وأضعها في جفنة، ثم أعرِّضها للتسخين، ثم أناقش الطلبة في عملية التحول الحاصل (جليد – ماء – بخار) والعكس، وأبيِّن لهم أن هذا يسمى تغيرًا فيزيائيًّا، حيث تتغير الحالة الفيزيائية للماء من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الغاز ولا يتغير تركيبه الكيميائي في الحالات الثلاث.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(1)، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:
- ما المواد المتفاعلة في التفاعل الذي تشاهدونه في الصورة؟

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

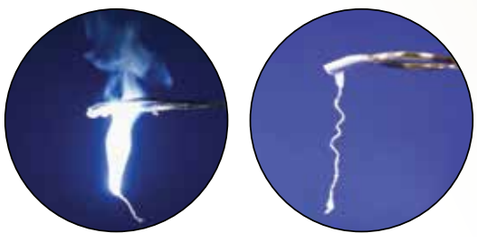
نتاجاتُ التعلمِ:
- أعبرُ عنِ التغيرِ الكيميائيِّ بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ .
- أستكشفُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وأميزُ بينَها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
تفاعلٌ كيميائيٌّ Chemical Reaction
معادلةٌ كيميائيةٌ موزونةٌ Balanced Chemical Equation
قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass
تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction
تفاعلُ الاتحادِ Combination Reaction
تفاعلُ التحللِ (التفككِ) Decomposition Reaction
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

التغيرُ الكيميائيُّ Chemical Change

تطرأُ عادةً على المادةِ تغيراتٌ؛ فيزيائيةٌ أو كيميائيةٌ. 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 منها موادُّ 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 منَ العنصرَيْنِ: المغنيسيومِ والأكسجينِ اللذيْنِ يتكونُ منهُما، أنظرُ الشكلَ (1).



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

ما المادة البيضاء الناتجة؟ كيف تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة؟ (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).

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 منْ 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؟

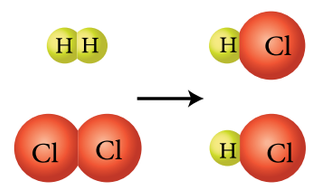
يتفاعلُ غازُ الهيدروجينِ H_2 معَ غازِ الكلورِ Cl_2 لإنتاجِ غازِ كلوريدِ الهيدروجينِ HCl كما هوَ موضحٌ في الشكلِ (3)؛ حيثُ تتكسرُ الروابطُ بينَ ذراتِ كلٍّ منْ H_2، وذراتِ Cl_2، وتتكونُ روابطُ كيميائيةٌ جديدةٌ بينَ ذراتِ H وذراتِ Cl منتجةً جزيئاتِ HCl .

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 منها للموادِّ المتفاعلةِ.

أفكّرُ: أيُّ الشكلينِ الآتيينِ يمثلُ تفاعلًا 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 زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالتفاعلِ الكيميائيِّ؟



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

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

11

إجابة سؤال الشكل (3):

جميعها روابط تساهمية.

التعليم المدمج: تفاعل الهيدروجين مع الكلور

أوجه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تفاعل الهيدروجين مع الكلور ثمَّ أعدُّ عرضا قصيرا عن ذلك باستخدام برنامج السكراتش، وأحدد موعدا لعرضه ومناقشته معهم.

أتحقَّقُ:

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

بناء المفهوم:

التغير الكيميائي والتغير الفيزيائي.

- أطرح 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:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل(2)، ثم أناقشهم 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).
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل(3)، ثم أطرح 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؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم 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:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالتفاعل الكيميائي؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوجّههم 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:

المعادلة الكيميائية

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية الموزونة؟

- أنظِّم جلسة **عصف ذهني** للطلبة، وأدوِّن إجاباتهم على اللوح، ثم أناقشهم 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:

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

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(5)، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، أوضِّح 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: قانون حفظ المادة

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

الشكلُ (4): قانونُ حفظِ الكتلةِ.

المعادلةُ الكيميائيةُ الموزونةُ Balanced Chemical Equation

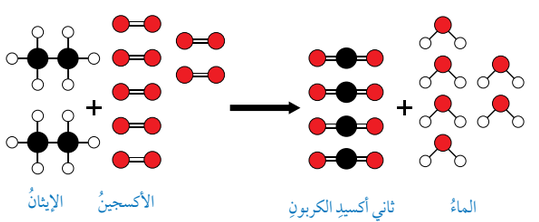
يمكنُ التعبيرُ عنِ التفاعلِ الكيميائيِّ **بمعادلةٍ كيميائيةٍ موزونةٍ Balanced Chemical Equation** وهيَ تعبيرٌ بالرموزِ والصيغِ يبينُ نوعَ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، ونسبَ كمياتِها في التفاعلِ، وحالاتِها الفيزيائيةَ، والظروفَ التي يُجرى فيها التفاعلُ بما يحققُ قانونَ حفظِ الكتلةِ.

ينصُّ **قانونُ حفظِ الكتلةِ Law of Conservation of Mass** على أنَّ المادةَ لا تفنى ولا تُستحدثُ منَ العدمِ وإنما تتحولُ منْ شكلٍ إلى آخرَ؛ 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 ذراتِه ونوعَها في الموادِّ الناتجةِ، وهذا يفسرُ قانونَ حفظِ الكتلةِ. ويبينُ الشكلُ (5) تمثيلًا مبسطًا لتفاعلِ احتراقِ 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، يجبُ أولًا: 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 نفسِهِ متساويةً على طرفَي المعادلةِ.



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

أفسرُ: كيفَ تغيرَ ترتيبُ ذراتِ العناصرِ بالنسبةِ إلى بعضِها؟

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما خطوات كتابة معادلة كيميائية موزونة؟

أتقبَّل إجابات الطلبة، ثم أناقشهم 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.

إجابة سؤال الشكل (8):

في المواد المتفاعلة ارتبطت ذرتي الكربون مع أربعةذرات هيدروجين في الايثان، وارتبطت كل ذرتي أكسجين مع بعضهما. في حين في المواد الناتجة ارتبطت كل ذرة كربون مع ذرتي أكسجين، وارتبطت كل ذرة أكسجين مع ذرتي هيدروجين، مع ملاحظة أن عدد الذرات المتفاعلة ونوعها لم يتغير في النواتج عن المتفاعلات.

المثالُ 1

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

الحلُّ:

• المعادلةُ اللفظيةُ: غازُ الهيدروجينِ + غازُ الأكسجينِ ← الماء.

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

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

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

ألاحظُ أنَّ عددَ ذراتِ H المتفاعلةِ يساوي عددَها في المادةِ الناتجةِ، في حينِ يختلفُ عددُ ذراتِ O المتفاعلةِ عنِ الناتجةِ. ولمساواةِ عددِ ذراتِ O في طرفَي المعادلةِ أستخدمُ طريقةَ المحاولةِ والخطأِ، وفي هذا التفاعلِ إذا وُضعَ الرقمُ 2 يسارَ الصيغةِ H_2O كما يأتي: $2\,H_2O$ يصبحُ عددُ ذراتِ O متساويًا في طرفَي المعادلةِ.

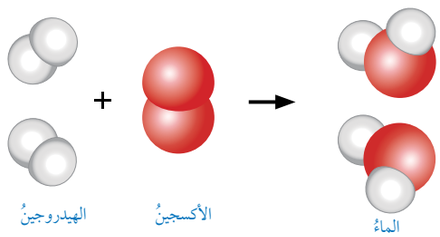
	H	O
عددُ الذراتِ المتفاعلةِ	2	2
عددُ الذراتِ الناتجةِ	4	2

ونتيجةً لذلكَ سوفَ يختلفُ عددُ ذراتِ H، ولمساواةِ عددِها يوضعُ الرقمُ 2 يسارَ 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 يسارَ الصيغةِ H_2O أيْ: $2\,H_2O$، وهذا يعني جزيئيْنِ منَ الماءِ، أمّا لوْ جرتِ الموازنةُ بوضعِ الرقمِ 2 يمينَ الصيغةِ، أيْ، H_2O2 فسيُنتجُ مركبًا جديدًا هوَ H_2O_2 الذي يختلفُ في الخواصِّ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ عنْ H_2O على الرغمِ منْ أنَّ عددَ ذراتِ H و O متساوٍ في طرفَي المعادلةِ الكيميائيةِ، أنظرُ الشكلَ (6).



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

نشاط سريع

• أستخدم صندوق الكرات والوصلات مستعينًا بنموذج يوديد الهيدروجين HI لأوضِّح للطلبة أن إضافة رقم 2 إلى يمين الصيغة يعني ذرة هيدروجين وذرّتَيْ يود، أمّا إضافة الرقم 2 إلى يسار الصيغة فيعني ذرتَيْ هيدروجين وذرتَيْ يود.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة

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

المناقشة:

• أوضِّح للطلبة مبدأ طريقة المحاولة والخطأ في موازنة المعادلة الكيميائية، وهي تعتمد على تجريب أبسط الأرقام لمساواة أعداد الذرات المتفاعلة والناتجة.

• أبيِّن للطلبة أنه يجب المحافظة على الصيغة الكيميائية الصحيحة؛ وذلك بأن يوضع معامل الموازنة يسار الصيغة وليس يمينها، وأناقشهم في اختلاف $2H_2O$ عن H_2O2 رغم أن عدد ذرات H و O متساو.

استخدام الصور والأشكال:

• أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(6)، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الذرات المتفاعلة؟ والذرات الناتجة؟ وما أنواع كل منهما؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أناقشهم فيها للتوصل إلى أن عدد الذرات يبقى نفسه، وكذلك أنواعها.

مثال إضافي

• أناقش الطلبة في المثال (1). ثم أوجِّههم 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

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

المناقشة:

- أناقش الطلبة في طريقة موازنة المعادلة المبينة في الجدول موضحًا كيفية عد الذرات المتفاعلة والناتجة وموازنتها بإضافة الرقم المناسب لموازنة الذرات في الطرفين، ثم بالتأكد من تساوي العدد النهائي للذرات.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي: كيف تحقق قانون حفظ الكتلة في المعادلة المحلولة في الجدول؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن عدد الذرات ونوعها نفسه في الطرفين.

مثال إضافي

- أطلب إلى الطلبة حل المثالين الآتيين:

1. أوازن المعادلة الآتية:

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

الحل:

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

2. أوازن المعادلة الآتية:

$$CH_4 + S_8 \rightarrow CS_2 + H_2S$$

الحل:

$$2CH_4 + S_8 \rightarrow 2CS_2 + 4H_2S$$

المثال 2

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

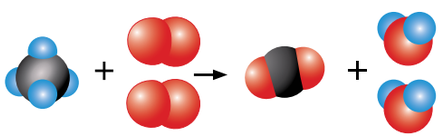
الحلُّ:

- معادلة لفظية: غاز الميثان + غاز الأكسجين ← غاز ثاني أكسيد الكربون + بخار الماء
- كتابةُ المعادلةِ بالرموزِ والصيغِ: $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
- موازنةُ المعادلةِ: أحددُ عددَ ذراتِ كلِّ نوعٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، وأزنُها:

المواد الناتجة	المواد المتفاعلة	
$CO_2 + H_2O$	$CH_4 + O_2$	المواد المتفاعلة والناتجة
1C , 2H , 3O	1C , 4H , 2O	أعُدُّ ذراتِ كلّ عنصرٍ في الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ
$CO_2 + 2H_2O$	$CH_4 + O_2$	أزيدُ عددَ ذراتِ H الناتجةِ أضعُ الرقمَ 2 يسار 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 يسار الصيغةِ O_2
1C , 4H , 4O	1C , 4H , 4O	أتأكدُ منْ عددِ الذراتِ المتفاعلةِ والناتجةِ في المعادلةِ

ألاحظُ 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: أوازنُ المعادلةَ الكيميائيةَ الآتيةَ:

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

أفكِّرُ

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

أتحقَّقُ:

$$2Pb(NO_3)_{2(aq)} \xrightarrow{\Delta} 2PbO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

أنواعُ التفاعلاتِ الكيميائيةِ Types of Chemical Reactions

1- تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction

تفاعلُ الاحتراقِ Combustion Reaction هوَ تفاعلُ مادةٍ ما (عنصرٍ أوْ مركبٍ) معَ غازِ الأكسجينِ ويصاحبُ التفاعلَ عمومًا انطلاقُ طاقةٍ في صورةِ حرارةٍ أوْ ضوءٍ. فمثلًا، احتراقُ قطعةٍ منَ الفحمِ (الكربونِ) بوجودِ غازِ الأكسجينِ تنتجُ منهُ حرارةٌ 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 فإنَّهُ يَنتجُ 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 ليُنتجا 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 فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، يوضحُ أنواعَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ: (وهيَ الاحتراقُ، والتحللُ، والاتحادُ، والإحلالُ الأحاديِ)، وأحرصُ على أنْ يشتملَ الفيلمُ على مفهومِ كلِّ نوعٍ منْها، ومعادلةِ التفاعلِ، ثمَّ أشاركهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

التعليم المدمج: أنواع التفاعلات الكيميائية

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة المناسبة عن أنواع التفاعلات الكيميائية، ثمَّ إعدادُ فيلمًا قصيرا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، وأحدد موعدا لعرضه ومناقشته معهم.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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 احتراقًا تامًّا 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:

- أراجع الطلبة في ما تعلموه سابقًا عن التفاعلات الكيميائية، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعلات الاحتراق؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم 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: $C + O_2 \rightarrow CO_2 + Heat$

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– فليعبِّرْ كلٌّ منكم بمعادلة عامة عن تفاعل احتراق الهيدروكربونات. **أوجِّه الطلبة إلى الإجابة:**

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

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما فائدة الحرارة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق؟

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

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الاتحاد؟ أعط مثالًا عليه.

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى مفهوم تفاعل الاتحاد وهو: تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لتُنتِجا مركبًا واحدًا جديدًا. ومثال ذلك:

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

استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(7)، ثم أطرح عليهم السؤال:

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

أفكّرُ

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

◄ بناء المفهوم:

تفاعل الاتحاد

- أصمم نموذجًا لتفاعل الاتحاد باستخدام الكرات، وأعرضه على الطلبة، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما عدد المواد المتفاعلة و المواد الناتجة؟

- أوجّه الطلبة إلى أنه تنتج مادة واحدة جديدة من تفاعل مادتين. وأعطي مثالاً على ذلك: معادلة تفاعل CO_2 مع MgO باعتباره تطبيقًا على تفاعل الاتحاد.

الربط بالحياة

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

نشاط سريع

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

التجربة 1

تفاعل الاتحاد

الهدف: تفاعل الاتحاد

المهارات العلمية: القياس ، الملاحظة، الاستنتاج.

زمن التنفيذ 4 دقائق.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

الإجراءات والتوجيهات:

- في الخطوة(1) أوجّه الطلبة إلى استعمال معلقة نظيفة وورقة؛ لقياس كتلة برادة الحديد، وكذلك الحال لقياس كتلة الكبريت.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أدير 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)	جيد جدًّا (3)	ممتاز (4)
1	اجراء خطوات التجربة بتسلسل				
2	كتابة معادلة موزونة للتفاعل				

التجربة 1

تفاعلُ الاتحادِ

الموادُّ 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** 6 g منْ برادةِ الحديدِ و 3 g منَ الكبريتِ وأخلطُهما معًا في جفنةِ التسخينِ.
2. **أجربُ:** أقرّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ الخليطِ، أيُّ المادتينِ تنجذبُ إليهِ؟
3. **الاحظُ:** أضعُ المادتينِ مرةً أخرى في الجفنةِ، وأخلطُهما خلطًا جيدًا، وأسخنُ الجفنةَ على اللهبِ 4 min، ثمَّ أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ، وألاحظُ التغيرَ الحاصلَ.
4. **أجربُ:** أقرّبُ طرفَ المغناطيسِ منَ المادةِ الموجودةِ في الجفنةِ، هلْ تنجذبُ إليهِ؟
5. **أتواصل:** أسجلُ ملاحظاتي وأقارنُها مع ملاحظاتِ زُملائي/ زَميلاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

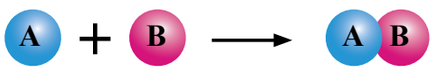
الربط بالعلوم الحياتية

تحتوي أوراقُ كثيرٍ منَ الأشجارِ على اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرِ، ويغطيهما لونُ الكلوروفيلِ الأخضرُ، وفي فصلِ الخريفِ تتغيرُ ألوانُ أوراقِ الشجرِ؛ نتيجةَ تفاعلٍ كيميائيٍّ يتفككُ فيهِ الكلوروفيلُ بمعدلٍ أكبرَ منْ إنتاجهِ؛ مُظهرًا اللونينِ البرتقاليِّ والأصفرَ على الأوراقِ.

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

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

ويمكنُ تمثيلُ تفاعلاتِ الاتحادِ بالصورةِ المبسطةِ الآتيةِ:



3- تفاعلُ التحللِ (التفكك) Decompostion Reaction

تفاعلُ التحللِ (التفكك) Decompostion Reaction هوَ تحللُّ مركبٍ واحدٍ بالحرارةِ أوْ بالكهرباءِ أوْ بالضوءِ منتجًا مادتينِ أوْ أكثرَ، وقدْ تكونُ النواتجُ عناصرَ أوْ مركباتٍ. فمثلًا، 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

تفاعل التحلل

الهدف: تفاعل التحلل الحراري

زمن التنفيذ: 5 دقائق.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

أوجِّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

1 أنبِّه الطلبة في الخطوة (2) إلى ضرورة توخي الحيطة والحذر عند تسخين هيدروكسيد النحاس.

2 ضمن استراتيجية العمل التعاوني: أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم إجراء التجربة، وتسجيل النتائج؛ تمهيدًا لعرضها.

التحليل والاستنتاج:

1. تغير اللون الأزرق إلى اللون الأسود.

2. $Cu(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + H_2O_{(g)}$

المناقشة:

- أناقش الطلبة في معادلة تفاعل تحلل نترات الأمونيوم بالحرارة؛ مبينًا لهم نواتج التفاعل بخار الماء وأكسيد ثنائي النيتروجين.

بناء المفهوم:

تفاعل التحلل

- أصمم نموذجًا لتفاعل التحلل باستخدام الكرات، وأعرضه على الطلبة، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما عدد المواد المتفاعلة والمواد الناتجة؟

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

استخدام الصور والأشكال:

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

التجربةُ 2

تفاعلُ التحللِ

الموادُّ والأدواتُ: هيدروكسيدُ النحاسِ (II) $Cu(OH)_2$، 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 5 min، ثم أتركُ الجفنةَ حتى تبردَ.
3. **الاحظُ** التغيرَ الذي طرأ على هيدروكسيدِ النحاسِ، ثمَّ أسجلُ ملاحظاتي.

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

2- أكتبُ معادلةً كيميائيةً موزونةً للتفاعلِ.

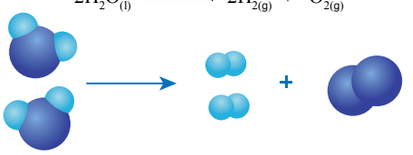
ومنَ الأمثلةِ أيضًا على هذهِ التفاعلاتِ تحللُ نتراتِ الأمونيومِ بالحرارةِ، منتجةً أكسيدَ ثنائي النيتروجينِ وبخارَ الماءِ، كما يأتي:

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

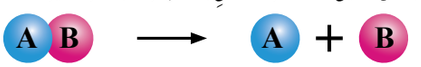
وكذلكَ تتحللُ دايكروماتُ الأمونيومِ $(NH_4)_2Cr_2O_7$ بالحرارةِ، منتجةً أكسيدَ الكرومِ وغازَ النيتروجينِ وبخارَ الماء؛ حيثُ تسببُ الغازاتُ الناتجةُ فورانًا يشبهُ البركانَ، أنظرُ الشكلَ(8).

وقدْ تعتمدُ بعضُ تفاعلاتِ التحللِ على استخدامِ التيارِ الكهربائيِّ بدلًا منَ الحرارةِ، فمثلًا، يتحللُ الماءُ تحلُّلاً كهربائيًّا إلى عنصرَي 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.

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

الرقم	معيار الأداء	مقبول (1)	جيد (2)	جيد جدًّا (3)	ممتاز (4)
1	اجراء خطوات التجربة بتسلسل				
2	تفسير النتائج بصورة علمية				

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:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتفاعل الإحلال الأحادي ؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم 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:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(9)، ثم أطرح عليهم السؤال:

– كيف يحدث هذا التفاعل؟

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

◄ بناء المفهوم: تفاعل الإحلال الأحادي

- أصمم نموذجًا لتفاعل الإحلال الأحادي باستخدام الكرات، وأعرضه على الطلبة، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– لماذا يحل عنصر محل عنصر آخر أثناء التفاعل الكيميائي؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها للتوصل إلى أن العنصر الأكثر نشاطًا كيميائيًّا يحل محل العنصر الأقل نشاطًا.

أفكّر لأن عنصر الخارصين أنشط من عنصر النيكل؛ لذلك تحل أيونات الخارصين محل أيونات النيكل؛ فتترسب ذرات النيكل وينتج محلول كبريتات الخارصين، ويعبر عن ذلك بالمعادلة: $Zn_{(s)} + NiSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Ni_{(s)}$

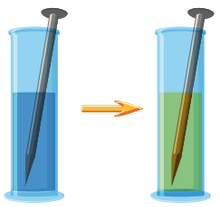
✓ أتحقَّق:

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

تفاعل التحلل: مادة واحدة تتحلل منتجة مادتين أو أكثر.

◄ تعزيز: تفاعل الإحلال الأحادي

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة تفاعل عنصر النحاس مع محلول نترات الفضة، وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى أن عنصر النحاس يحل محل أيونات الفضة؛ فتترسب ذرات الفضة، وينتج محلول 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 (II) $NiSO_4$؟ أكتبُ معادلةَ التفاعلِ الحاصلِ.

4 ـ تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction

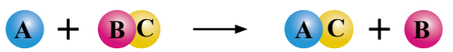
تفاعلُ الإحلالِ الأحاديِّ Single Displacement Reaction؛ هوَ تفاعلٌ يحلُّ فيهِ عنصرٌ نشطٌ محلَّ عنصرٍ آخرَ أقلَّ نشاطًا منهُ في أحدِ مركباتهِ. فمثلًا، عندَ وضعِ مسمارٍ منَ الحديدِ في محلولِ كبريتاتِ النحاسِ (II)، أنظرُ الشكلَ (9)، فإنَّ عنصرَ الحديدِ يحلُّ محلَّ عنصرِ النحاسِ في المحلولِ، وينتجُ منْ ذلكَ محلولُ كبريتاتِ الحديدِ (II)، 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:** بِمَ يختلفُ تفاعلُ الاتحادِ عنْ تفاعلِ التحللِ؟

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 إليْها 20 mL منَ الماءِ المقطرِ، ثمَّ أحركُ الخليطَ جيدًا؛ حتى يذوبَ تمامًا.
2. أغمسُ صفيحةَ الخارصينِ في المحلولِ منْ (5-10) min.
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 الإحلال الأحادي

الهدف: أستقصي تفاعل الإحلال الأحادي.

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج.

ارشادات الأمن والسلامة:

توجيه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أوجِّه 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.
2. $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

تقويم تجربة تفاعل الإحلال الأحادي

استراتيجية التقويم: التقويم المعتمد على الأداء. **أداة التقويم:** قائمة رصد.

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تفسير النتائج بصورة علمية		
2	استنتاج معادلة التفاعل الحاصل		

مراجعةُ الدرسِ

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

- تفاعلِ الاتحادِ.
- التفاعلِ الكيميائيِّ.
- تفاعلِ التحللِ.
- تفاعلِ الاحتراقِ.
- تفاعلِ الإحلالِ الأحاديِّ.
- قانونَ حفظِ الكتلةِ.

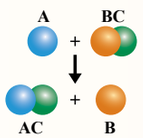
2- **أوازنُ** المعادلاتِ الكيميائيةَ الآتيةَ:

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

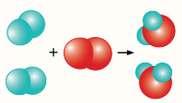
3- **أصنفُ** التفاعلاتِ الآتيةَ إلى أنواعِها، وهيَ: (الاتحادُ، والتحللُ، والاحتراقُ، والإحلالُ الأحاديُّ):

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

4- **أميزُ** التفاعلَ الآتيَ الموضحَ في الشكلِ، وأفسرُهُ.



5- **أفسرُ** قانونَ حفظِ الكتلةِ باستخدامِ التفاعلِ الآتي:



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي الصحي.**

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

مراجعة الدرس

1 **تفاعل الاتحاد**: تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) ليُنتِج مركبًا واحدًا جديدًا.

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

تفاعل التحلل: تحلل مركب واحد بالحرارة أو الكهرباء أو الضوء مُنتِجًا مادتين أو أكثر من العناصر أو المركبات أو كليهما.

تفاعل الاحتراق: تفاعل مادة مع غاز الأكسجين يصاحبه انطلاق طاقة حرارية أو ضوئية.

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

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

2
$$2H_2S_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$
$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$
$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

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

4 تفاعل الإحلال الأحادي؛ حيث يحل العنصر الافتراضي ذو الرمز C محل أيونات العنصر ذي الرمز B.

5

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

الدرس 2

المول والكتلة المولية
The Mole and Molar Mass

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم أمهد للدرس بالحديث عن مفهوم: الكتلة؛ لقياس كمية المادة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أراجع الطلبة في ما درسوه سابقًا من: استخدام وحدات القياس للطول والمسافة والزمن والوزن، والكتلة وأبيِّن لهم أن كل صفة فيزيائية لها وحدة قياس خاصة بها. وأذكِّرهم بوحدات القياس: الطول يقاس بالسنتمتر وبالمتر، والمسافة القصيرة بالمتر والمسافة البعيدة بالكيلو متر، والزمن بالثواني والدقائق والساعات، والوزن بالنيوتن، والكتلة بالجرامات والكيلوجرام، وأن هناك نظامًا مترِيًّا.

2 التدريس

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(10)، ثم أناقشهم في أن إنتاج قالب الحلوى يعتمد على استخدام كميات مناسبة من المواد، وأن هذه الكميات تقاس بأدوات قياس مناسبة.
- أوجِّه الطلبة إلى أنّ الأدوية تُنْتَجُ بخلط كميات دقيقة جدًّا من المواد المتفاعلة. وكذلك إنتاج الدهانات وصناعات أخرى تعتمد كلّها على خلط كميات دقيقة من المواد المتفاعلة.

الدرس 2

المولُ والكتلةُ المولية
The Mole and Molar Mass

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، والكتلةَ المولية وكتلةَ الصيغةِ.
- 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 شاهدتُ والدتي 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).

لعلّني لاحظتُ 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.

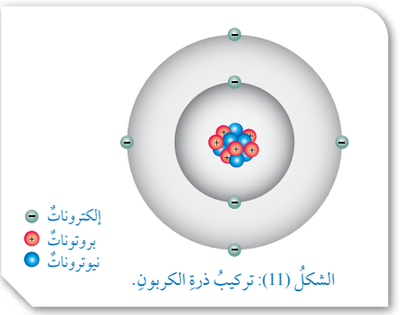
الشكلُ (10): مكوناتُ قالبِ حلوى

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. ولأنَّ 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 على 6 بروتوناتٍ و 6 نيوتروناتٍ كونَها أساسًا لقياسِ كتلِ الذراتِ الأخرى، أنظرُ الشكلَ (11). وكتلةُ هذهِ الذرةِ تساوي 12 وحدةً سُمِّيَتْ كلٌّ منْها (وحدةَ كتلةٍ ذريةٍ) (amu). وبذلكَ؛ فإنَّ 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 amu 1 تقريبًا، لذا؛ يُتوقَّعُ أنْ تكونَ الكتلةُ الذريةُ للعنصرِ رقمًا صحيحًا، ولكنَّ القيمَ المَقيسةَ تحتوي عادةً على كسورٍ؛ نظرًا إلى وجودِ نظائرَ للعنصرِ لَها كتلٌ مختلفةٌ؛ ولذلكَ فإنَّ متوسطَ كتلِها ليسَ رقمًا صحيحًا. وبهذا تمَّ حسابُ **الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ** (A_m) **Relative Atomic Mass** وهيَ متوسطُ الكتلِ الذريةِ لنظائرِ ذرةِ عنصرٍ ما.

وعندَ حسابِ الكتلةِ الذريةِ النسبيةِ للعنصرِ، يجبُ مراعاةُ نظائرِهِ ونسبِ توافرِها في الطبيعةِ؛ 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 الجدولِ (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 $\times$ $\frac{\text{نسبةُ توافرِهِ في الطبيعةِ}}{100}$).

$$A_m = (A_{m_1} \times \frac{I_1}{100}) + (A_{m_2} \times \frac{I_2}{100})$$

النظائرُ: ذراتُ العنصرِ نفسِهِ لها العددُ الذريُّ نفسُه وتختلفُ في العددِ الكتليِّ.

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

A_{m_1}: الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 1
A_{m_2}: الكتلةُ الذريةُ للنظيرِ 2
I_1: نسبةُ توافرِ النظيرِ 1
I_2: نسبةُ توافرِ النظيرِ 2

طريقة أخرى للتدريس — الكتلة الذرية

- أحضر نموذجًا للجدول الدوري للعناصر، وأعلقه على اللوح مثلًا، ثم أقارن للطلبة بين قيمة الكتلة الذرية المذكورة في الجدول لعدد من العناصر وبين القيمة التقريبية لها، ثم أوضِّح 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.

إضاءة للمعلم/ للمعلمة

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

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تم التوصل إلى قياس كتل الذرات المختلفة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم 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.

استخدام الصور والأشكال:

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

قراءة الجداول:

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

– ما المقصود بالنظائر؟

أوجِّه الطلبة إلى دراسة التعريف في الصندوق المبين، وأبين لهم أن الأكسجين مثلا له نظائر تسمى أكسجين 17 و 18 .

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أنها متوسط الكتل الذرية لنظائر العنصر، وأنها تحسب بدلالة كتلة النظير ونسبة وجوده في الطبيعة؛ من خلال العلاقة الرياضية المذكورة.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة الجزيئية Mm، وكيف يتم حسابها؟

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

الكتلة الجزيئية = (الكتلة الذرية للعنصر1 × عدد ذراته) + (الكتلة الذرية للعنصر2 × عدد ذراته) + ...

استخدام الصور والأشكال:

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

أتحقّق:

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

$$Mm = (Am_H \times N) + (Am_C \times N) + (Am_O \times N)$$
$$= (12 \times 1) + (12 \times 6) + (16 \times 6)$$
$$= 12 + 72 + 96 = 180 \text{ amu}$$

طريقة أخرى للتدريس — الكتلة الجزيئية

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

ثم أطلب إليهم إجابة أسئلة البطاقة في مجموعات ثنائية، ثم أناقشهم فيها؛ للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

$K_2Cr_2O_7$: 294 , HNO_3: 63

$FeSO_4$: 152 , NH_4Cl: 53.5

المثال 3

إذا علمتُ أنَّ منْ 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:

$$Am = (\frac{7.5}{100} \times 6.02) + (\frac{92.5}{100} \times 7.02)$$
$$Am = 0.4515 + 6.4935 = 6.945 \text{ amu}$$

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

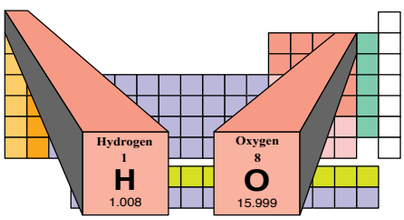
الكتلةُ الجزيئيةُ *Mm* = (الكتلةَ الذريةَ للهيدروجينِ × عددِ الذراتِ) + (الكتلةُ الذريةُ للأكسجينِ × عددِ الذراتِ)

$$Mm = Am_H \times N + Am_O \times N$$
$$Mm = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ amu}$$

ويوضحُ الشكلُ (12) الكتلَ الذريةَ النسبيةَ للهيدروجينِ والأكسجينِ.

عددُ الجسيماتِ: *N*
الكتلةُ الذريةُ النسبيةُ: *Am*

أتحقّقُ: أحسبُ الكتلةَ الجزيئيةَ لجزيءِ الجلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$.



الشكلُ (12): الكتلُ الذريةُ النسبيةُ للهيدروجينِ والأكسجينِ.

مثال إضافي

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

– أحسب 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 بوحدةِ amu 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 (*Fm*) Formula Mass

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 (*Fm*) Formula Mass**، وتُقاسُ بوحدةِ amu. تُحسَبُ كتلةُ الصيغةِ بالطريقةِ نفسِها المتبعةِ لحسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أحسبُ كتلةَ الصيغةِ للمركبِ NaCl.

المثالُ 5

أحسبُ كتلةَ الصيغةِ للمركبِ $Al(NO_3)_3$

الحلُّ:

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

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

✓ **أتحقَّقُ:**

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

- أناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أوجِّههم إلى حل المثال الإضافي الآتي:

أحسب 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:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكتلة الصيغة *Fm*؟

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

مثال إضافي

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

أحسب 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

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

أتقبَّل منهم الإجابات، ثم أبيِّن لهم استخدام مفهوم المول؛ بصفته وحدة دولية لقياس كمية المادة .

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما عدد الجسيمات الموجودة في مول واحد من المادة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة موضِّحًا 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.

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالكتلة المولية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم للتوصل إلى أن المول الواحد من المادة له كتلة تسمى الكتلة المولية، ويُرمَز إليها بالرمز: (M_r)، وتُقاس بوحدة (g/mol) وأبيّن 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).

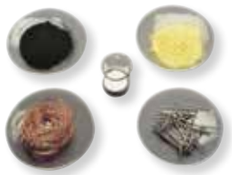
استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(13)، وأوضِّح 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.
- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (14)، وأوضح لهم أن المول الواحد من المادة يختلف في كتلته عن مول من مادة أخرى سواء كانت المادة عناصر أم جزيئات؛ أي أن المواد تختلف عن بعضها في كتلتها المولية.

The Mole المولُ

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 **عددَ أفوجادرو Avogadro's Number** تكريمًا لهُ، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ N_A.

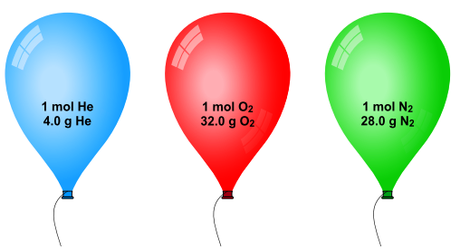
يختلفُ المولُ الواحدُ لكلٍّ منَ الحديدِ وملحِ الطعامِ والماءِ في أنواعِ الجسيماتِ وكتلِها التي يتكونُ منْها، كما يبينُ الشكلُ (13).



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، وكتلتُهُ 24 g.



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

طريقة أخرى للتدريس — الكتلة المولية

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

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

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

$$N = N_A \times n$$

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

عددُ المولاتِ = كتلةُ المادةِ / كتلتِها المولية

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

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

المثالُ 6

أحسبُ عددَ مولاتِ الكربونِ في عينةٍ منه تحتوي على 3.01×10^{23} ذراتٍ.

الحلُّ:

عددُ مولاتِ الكربونِ = عددُ ذراتِ الكربونِ / عددِ أفوجادرو

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

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

المناقشة:

- أناقش 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

- أناقش الطلبة في المثال (6)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:
- أحسب 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

أناقش الطلبة في المثالين (7 و 8)، ثم أوجِّههم إلى حل المثالين الآتيين:

1. أحسب 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. أحسب 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. $N = N_A \times n$
$= 6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 10^{3}$
$= 6.022 \times 10^{26}$ atoms

2. $n = \frac{m}{Mr}$
$= \frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$

المثالُ 7

أحسبُ عددَ الجزيئاتِ الموجودةِ في 3 mol منْ غازِ الميثانِ CH_4:

الحلُّ:

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

المثالُ 8

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

الحلُّ:

كتلةُ مول من جزيئاتِ الماءِ تمثِّلُ كتلتَه المولية وتُحسبُ بطريقةِ حسابِ الكتلةِ الجزيئيةِ 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 – **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضحُ المقصودَ بكلٍّ منَ:

الكتلةِ الذريةِ. ○ الكتلةِ الجزيئيةِ. ○ 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 72 g منْ عنصرِ المغنيسيومِ.

5 – أحسبُ كتلةَ 0.1 mol منْ ذراتِ الألمنيومِ.

6 – أحسبُ عددَ جزيئاتِ NH_3 الموجودةِ في 2 mol منْها.

7 – أوضحُ المقصودَ بعددِ أفوجادرو.

8 – أكملُ الجدولَ الآتيَ المتعلق بالتفاعل: $H_{2\,(g)} + Cl_{2\,(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$

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

مراجعة الدرس

1 **الكتلة الذرية:** متوسط الكتل الذرية لنظائر ذرة عنصر ما.

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

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

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

المول: عدد أفوجادرو من الذرات أو الأيونات أو الجزيئات.

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

3 $Mg(NO_3)_2 = 148$ g/mol , $Ca(OH)_2 = 74$ g/mol

4 n = 3 mol

5 0.1 مول كتلته 2.7 g

6 $N = 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$

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

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

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

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

2 التدريس

نشاط سريع

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

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

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

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها؛ للتوصل إلى ضرورة معرفة 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.
- أوجِّه الطلبة إلى دراسة قانون حساب النسبة المئوية بالكتلة؛ تمهيدًا لتطبيق مسائل حسابية عليه.

الفكرةُ الرئيسةُ:

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

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

النسبةُ المولية Mole Ratio

المردودُ المئويُّ Percentage Yield

المردودُ المتوقع Predict Yield

المردودُ الفعلي Yield Actual

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؛ فيسهمُ 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؛ فيسهمُ 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 العنصرِ على كتلةِ المركبِ مضروبةً في (100%)، ويمكنُ التعبيرُعن ذلكَ بالقانونِ الآتي:

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

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

المثال 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:

أحسبُ كتلةَ المركبِ كبريتيدِ الحديدِ FeS كما يأتي:

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

- أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ Fe كما يأتي:

$$Fe\% = \frac{m.element}{m.Compound} \times 100\%$$
$$= \frac{6.4}{9.6} \times 100\% = 67\%$$

- أحسبُ النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصرِ S كما يأتي:

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

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

وبمعرفةِ صيغةِ المركبِ وكتلتِهِ المولية يمكنُ حسابُ نسبةِ العنصرِ في المثالِ الآتي:

المثال 10

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

الحلُّ:

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

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

أتحقَّقُ:

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

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

أتحقَّقُ:

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

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

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

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثالين 9 و 10 وأبيِّن لهم كيفية حساب النسبة المئوية للعناصر المذكورة بتطبيق القانون مؤكدًا أن مجموع النسب المئوية للعناصر في مركب ما تساوي 100%
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي: هل يمكن تقدير النسبة المئوية لعنصر الأكسجين في المثال 10؟
- أوجِّه الطلبة إلى الإجابة الصحيحة بجمع نسبتي الكربون والهيدروجين، ثم طرح الناتج من 100

$40 + 6.67 = 46.67$

$100 - 46.67 = 53.33$

- أوجِّه الطلبة إلى التأكد من حساب النسبة من القانون:

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

مثال إضافي

- أوجِّه الطلبة إلى 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:

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

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

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

الحل:

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

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

◄ تعزيز:

- أكتب على اللوح صيغًا كيميائية لعدد من المركبات، ثم أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - ما نوع الذرات المكونة للمركب؟ وما عددها؟
  - أتقبَّل إجابات الطلبة، وأوجِّههم إلى الإجابات الصحيحة.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما المقصود بكل من الصيغة الكيميائية للمركب والصيغة الأولية؟
- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، وأبيّن 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.
- أناقش الطلبة في المثالين (11 و 12)، مبينًا لهم طريقة الحل التفصيلية:

خطوة 1- كتابة النسبة المئوية لكل عنصر أو كتلة العنصر حسب المطلوب في السؤال.

خطوة 2- حساب عدد مولات العنصر.

خطوة 3- حساب أبسط نسبة عددية صحيحة؛ وذلك بقسمة عدد مولات كل عنصر على القيمة الأقل لعدد المولات.

- أوجِّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

- ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من 94.1% من الأكسجين، و 5.9% من الهيدروجين؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ (O = 16 ,H = 1)؟

الحل:

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

الصيغة الأولية HO

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 على (60 g) كربونًا، و (20 g) هيدروجينًا؛ علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ بوحدةِ amu (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).	$\frac{5}{5} = 1$	$\frac{20}{5} = 4$

ولأنَّ 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، و12% منَ الكربونِ، و 48 % منَ الأكسجينِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ الذريةَ بوحدةِ amu (Ca = 40 ,O = 16 ,C = 12)؟

الحلُّ:

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

وبذلكَ تكونُ الصيغةُ الأوليةُ للمركبِ $CaCO_3$.

إضاءة للمعلم / للمعلمة

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 الجزيئيةُ Molecular Formula

منَ المُلاحَظِ أنَّ الصيغةَ الأوليةَ تدلُّ على أبسطِ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ لذراتِ العناصرِ في المركبِ، وقدْ 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، وعليهِ، 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 المولية لهُ عبرَ التجاربِ العمليةِ أولًا، ومنْ ثَمَّ مقارنتُها بكتلةِ الصيغةِ الأوليةِ. فمثلًا، لوْ كانتِ الكتلةُ المولية للجزيءِ CH_3 15 g/mol فإنَّ صيغتَهُ الأوليةَ هي صيغتُهُ الجزيئيةُ، في حينِ أنَّهُ إذا كانتْ كتلتُهُ المولية 30 g/mol فتكونُ صيغتُهُ الجزيئيةُ C_2H_6.

المثالُ 13

ما الصيغةُ الأوليةُ، والصيغةُ الجزيئيةُ لمركبٍ هيدروكربونيٍّ يتكونُ منْ 85.7% منَ الكربونِ، و 14.3% منَ الهيدروجينِ، علمًا بأنَّ الكتلَ الذريةَ بوحدةِ amu (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.	$\frac{7.1}{7.1} = 1$	$\frac{14.3}{7.1} = 2$

العددُ الفعليُّ للذراتِ: N
عددُ الذراتِ في الصيغةِ الأوليةِ: $N.\ emp$
كتلةُ الصيغةِ الأوليةُ: $m.\ emp$

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

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

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

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

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 بوحدةِ amu (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:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  – ما الصيغ الكيميائية لمركبات تتكون من عنصري النيتروجين والأكسجين لها الصيغة الأولية NO؟
- أنظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة، وأتقبَّل منهم جميع الإجابات، ومنها:
  .(NO_2، N_2O، N_2O_4، NO، N_2O_5، .....)
- أناقش الطلبة في أن مضاعفات الصيغة الأولية ينتج عنها أعداد فعلية من الذرات؛ للتوصل معهم إلى مفهوم الصيغة الجزيئية التي تبين الأعداد الفعلية من الذرات وأنواعها. وأنه يتم تحديدها عن طريق معرفة الصيغة الأولية، والكتلة المولية للمركب.
- أناقش الطلبة في المثال (13)، مبينًا لهم خطوات الحل بأن يتم التوصل إلى الصيغة الأولية.
- أوجِّه الطلبة إلى دراسة قانون حساب العدد الفعلي للذرات، وأناقشهم في تطبيق المعطيات للتوصل إلى الصيغة الجزيئية.
- أطلب إلى الطلبة استنتاج الصيغة الجزيئية للمركب في مثال 11 بمعرفة أن الكتلة المولية 34g/mol.

مثال إضافي

- أوجِّه الطلبة 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 نُجري قسمة الكتلة المولية (60 g/mol) على كتلة الصيغة الأولية 30g/mol، والرقم الناتج يضرب في عدد ذرات الصيغة الأولية.

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

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

نشاط سريع

- أعرض على الطلبة صندوق الكرات والوصلات، وأبيّن لهم نموذجًا تمثيليًّا لتفاعل جزيئات الهيدروجين مع الأكسجين لإنتاج جزيئات الماء وفق المعادلة

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

وأوضّح لهم العلاقة المولية باستخدام الكرات بين المواد

$$H_2 , O_2 , H_2O$$

المناقشة:

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

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

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

أخطاء شائعة

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

الحساباتُ المبنيةُ على المولِ- الكتلةِ

Calculations based on Mole - Mass

يُستخدَمُ مفهومُ المولِ في الحساباتِ الكيميائيةِ كونَهُ 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 Ratio** وهيَ: النسبةُ بينَ عددِ مولاتِ مادةٍ إلى عددِ مولاتِ مادةٍ أخرى، ويمكنُ كتابةُ النسبةِ المولية للهيدروجينِ مثلًا H_2 بدلالةِ عددِ مولاتهِ إلى عددِ مولاتِ النيتروجينِ N_2، كما يأتي:

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

أيضًا، 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 نسبتِهِ المولية في عددِ مولاتِ الهيدروجينِ المعطاةِ في السؤالِ، كما يأتي:

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

المثالُ 14

في المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ الآتيةِ:

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

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

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الكيميائيةِ الموزونةِ، أجدُ 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، أضربُ النسبةَ المولية لَها في عددِ مولاتِ O_2 المُعطاةِ في السؤالِ، كما يأتي:

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

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما أهمية معرفة النسبة المولية؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أبيِّن لهم أن النسبة المولية تستخدم في تحويل عدد مولات مادة إلى أخرى.
- أناقش الطلبة في المثال (14)، مبينًا لهم خطوات الحل، تحديد النسبة المولية، ضرب النسبة المولية في عدد المولات المعطاة فينتج عدد المولات المطلوبة.

مثال إضافي

- أوجِّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$$

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

الحل:

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

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

عدد المولات المطلوبة = النسبة المولية × عدد المولات المعطاة

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

المناقشة:

- أوجِّه الى الطلبة السؤال الآتي: ما أهمية معرفة عدد مولات المواد الفعلية في التفاعل؟
- أوضِّح 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	2
Mr	24	32	40
m	48	32	80

- أوضِّح للطلبة أنّ مجموع كتل المادتين المتفاعلتين يساوي كتلة المادة الناتجة، وأن هذا يتفق مع قانون حفظ الكتلة.
- أناقش الطلبة في المثال (15) مبينًا لهم خطوات الحل: تحديد النسبة المولية للمادتين، ثم تحويل مولات المادة المعلومة إلى مولات المادة المطلوبة ثم تحويل المولات إلى كتلة.
- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

ما عدد مولات المتفاعلات والنواتج وما كتلة كل منها في المعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$$

ثم أوضِّح للطلبة باستخدام الجدول الدوري للعناصر الكتلة المولية لكل من

$H_2 = 2$, $Br_2 = 160$, $HBr = 81$ g/mol

مثال إضافي

- أوجِّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

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

أحسب كتلة Al_2O_3 الناتجة عن تفاعل 24 mol من Al مع كمية كافية من الأكسجين؛ علمًا بأن الكتلة المولية Al_2O_3 تساوي 102 g/mol

الحل:

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

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

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

حساباتُ (مولٍ – كتلةٍ) Mass- Mole Calculations

يُلاحَظُ مما سبقَ أنَّ المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ تشيرُ إلى نسبِ أعدادِ 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 مثلًا:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$
$$2mol \quad 1mol \quad 2mol$$

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

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$
$$2 \times 24g \quad 32g \quad 2 \times 40g$$
$$48g \quad 32g \quad 80g$$

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

$M_{r(Mg)} = 24$ g/mol
$M_{r(O_2)} = 32$ g/mol
$M_{r(MgO)} = 40$ g/mol

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 أجدُ أنَّ النسبةَ المولية لـ H_2 هيَ:

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

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

$$n\ H_2 = \frac{2}{1} \times 7 \text{ mol } O_2 = 14 \text{ mol } H_2$$

فإنَّهُ يمكنُ تحويلُ مولاتِ الهيدروجينِ إلى كتلةٍ كما يأتي:

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

المثالُ 16

أحسبُ كتلةَ Fe الناتجةَ منْ 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:

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

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

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

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 منْ تفاعلِ 56g منَ النيتروجينِ، والكتلَ الذريةَ بوحدةِ amu (H = 1 , N = 14)

الحلُّ:

أحوِّلُ كتلةَ النيتروجينِ المعلومةَ في السؤالِ إلى مولاتٍ:

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

أجدُ النسبةَ المولية لـ NH_3

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

أحسبُ عددَ مولاتِ NH_3:

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

ومنْها أحسبُ كتلتَها:

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

✓ **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 منِ احتراقِ 6g منْ عنصرِ Mg احتراقًا تامًّا، بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ.

✓ **أتحقَّقُ:**

1.

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

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

2.

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

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

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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

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

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

($Mr\ Br_2 = 160$ g/mol)

$$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$$

الحل:

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

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

$$= 5\ mol$$

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

المناقشة:

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

مثال إضافي

أوجِّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

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

$$2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2NOCl_{(g)}$$

(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:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

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

- أتقبَّل إجابات الطلبة، وأوجِّههم 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.
- أوجِّه الطلبة إلى دراسة العلاقة الرياضية للمردود المئوي؛ تمهيدًا لتطبيق حسابات كيميائية عليه.
- أناقش الطلبة في حل مثال (18)، للتوصل إلى الخطوات: كتابة القانون ثم تعويض المعطيات المذكورة في السؤال، والتوصل إلى الإجابة الصحيحة.
- أوجِّه الطلبة إلى ضرورة الضرب في 100 أو تكتب 100% وذلك لأن المردود المئوي هو نسبة مئوية، ويمكن كتابته أيضًا على النحو الآتي:

$$Y\% = Ay/Py$$

مثال إضافي

- أوجِّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

في تفاعل ما تم الحصول على 15 g فقط من مادة، فإذا كان المردود المتوقع 25 g؛ فأحسب المردود المئوي للتفاعل.

الحل:

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

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

أبحثُ

أوجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن النسبة المئوية لنقاوة المادة وكتابة تقرير عن ذلك، وأحدد لهم موعدا لمناقشته في الصف.

المردودُ المئويُّ Percentage Yield

تعلمتُ في الحساباتِ السابقةِ حسابَ كميةِ مادةٍ ناتجةٍ منَ 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:

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

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

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

أبحثُ

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

المثالُ 18

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

الحلُّ:

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

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

أتحقَّقُ:

ما الفرقُ بينَ المردودِ الفعليِّ، والمردودِ المتوقعِ للتفاعلِ؟

أتحقَّقُ:

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

أفكّرُ

– 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.

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 2.3 g منَ الصوديومِ Na معَ 8 g 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 – **أحسبُ** كتلةَ أكسيدِ الحديدِ (III) Fe_2O_3 الناتجةَ منْ تفاعلِ 9.12 g 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 5.6 g والمردودَ الفعليَّ 2.8 g

37

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 يمكن تحديد عدد مولات وكتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، والنسب المئوية للعناصر في المركب، وتحديد الصيغة الكيميائية، وكذلك المردود النظري والفعلي والمئوي للتفاعل.

2 **النسبة المئوية بالكتلة لعنصر**: نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.

الصيغة الأولية: الصيغة التي تدل على أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب.

الصيغة الجزيئية: الصيغة التي تبيّن الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها.

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

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 مولات 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:

- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، وأطرح عليهم الأسئلة التالية، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة البحث في عمل الوسادة الهوائية، وأوجِّههم إلى 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، أمّا 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 Bag

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 تأثيرِ 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 منْ هذهِ التفاعلاتِ تكونُ غيرَ ضارةٍ.

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

أبحث أوجِّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن تركيب الوسادة الهوائية وكيفية عملها وكتابة تقرير عن ذلك، وأحدد لهم موعدًا لمناقشته في الصف.

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 الناتجِ من تفاعلِ 0.6 g منَ الكربونِ معَ الأكسجينِ لتكوينِ 2.2 g منْ أكسيدِ الكربونِ.

4. **أستنتجُ** الصيغةَ الجزيئيةَ لمركبٍ صيغتُهُ الأوليةُ CH_2 وكتلتُهُ الموليةُ 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 منْ أكسيدِ المغنيسيومِ.
   ب.**أحسبُ** كتلةَ الأكسجينِ اللازمةَ لإنتاجِ 20 g منْ 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 . **أحسبُ** كتلةَ أكسيدِ الكالسيومِ الناتجةَ منْ تسخينِ 50 g منْ كربوناتِ الكالسيومِ.
   ب.**أحسبُ** 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)

6 الكتلة المولية للحمض تساوي 98 g/mol

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

7 أ . 28 g

ب . تقريبًا 54%

مراجعة الوحدة

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

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

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

قانون حفظ الكتلة: عدد الذرات ونوعها في المواد المتفاعلة يماثل عدد الذرات ونوعها في المواد الناتجة.

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

النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب: نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب.

المعادلات:

2 أ . $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$

ب . $CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

جـ . $Ag^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)} \rightarrow AgBr_{(s)}$

CO_2

3 $\frac{28}{14} = 2$

4 $2\ (CH_2) = C_2H_4$

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 .

$$n\ MgO = 0.625\ mol$$

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

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

$$m\ O_2 = 0.3125 \times 0.625 = 0.2\ g$$

مراجعة الوحدة

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 أحادي (استبدال ذرة محل ذرة)

12 أ . C% = 81.8 , H% = 18.2

ب . C_3H_8

أ . **أوازنُ** معادلةَ التفاعلِ.

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

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

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

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

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

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

$CdCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CdO_{(s)} + CO_{2(g)}$

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

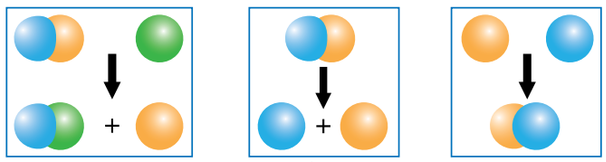
2. أيٌّ منَ الآتيةِ يعدُّ الكتلةَ المولية لمركبِ Na_2SO_4 (بوحدةِ g /mol)؟

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:



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

أ .**أحسبُ** النسبةَ المئويةَ بالكتلةِ لعنصري الكربونِ والهيدروجينِ في المركبِ.

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

الوحدة الخامسة: الطاقـة الكيميائـية

تجربة استهلالية: الطاقة المرافقة للتفاعل			
الدرس	نتاجات التعلم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: **تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية**	• بيان أهميـة الطاقـة فـي التفاعـلات الكيميائيـة وأشـكالها وتطبيقاتها. • تصنيف التفاعلات الكيميائية وفق الطاقة المصاحبـة لها الى ماصة وطاردة. • توظيف التكنولوجيا للبحث في الطاقة المصاحبة للتفاعـلات الكيميائية.	◦ التفاعل الطارد والتفاعل الماص للطاقة.	2
الثاني: **الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة**	• حساب كمية الطاقة التي تمتصها أو تصدرها المادة. • إجراء تجارب عمليـة حول الطاقـة الممتصة والمنبعثة من المادة.	◦ قياس الحرارة النوعية للنحاس.	3
الثالث: **حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية**	• توضيح مفهوم طاقة الرابطة. • حساب الحرارة المرافقـة للتفاعل باسـخدام قيـم طاقـة الرابطة. • تطبيق قانون هيس لحساب المحتوى الحراري للتفاعل. • حساب كمية الحرارة المرافقـة لتفاعل كتلـة عينة من المادة باستخدام المعادلة الموزونة.		4

النتاجات السابقة واللاحقة المتعلقة بالوحدة الخامسة – الطاقة الكيميائية

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• استنتاج مصادر الحرارة وأهميتها. • استنتاج أهمية الحرارة. • إظهار فهمًا لتحولات المادة بالحرارة. • استنتاج أنه يمكن عكس التغيرات الناتجة عن التسخين والتبريد.	الثاني	• توضيح المقصود بالمفاهيم المرتبطة بالطاقة الحرارية والديناميكا الحرارية. • توضيح معرفتي بالمفاهيم والقوانين والعلاقات المرتبطة بالديناميكا الحرارية في حل مسائل حسابية وتفسير مشاهدات يومية.	الحادي عشر
• توضيح مفهوم الطاقة و الحرارة.	الثالث		
• تعرّف الوقود الأحفوري: أصله وأثره على البيئة. • توضيح أشكال الطاقة وتحولاتها.	الرابع		
• توضيح مفاهيم الطاقة. • استكشاف كيفية تحولات الطاقة في أجهزة مختلفة.	الخامس		
• استقصاء انتقال الحرارة بين الأجسام. • استقصاء أثر الطاقة على البيئة والصحة العامة.	السادس		
• تفسير انتقال الطاقة ودورات المواد في الأنظمة البيئية. • تعرّف أثر تكنولوجيا المعلومات الحديثة في تطور اقتصاد الدول وأنظمة الطاقة ومصادرها.	السابع		
• توضيح المفاهيم المتعلقة بالعمليات الحرارية.	الثامن		

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

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

إن الذرات تختزن الطاقة في الراوبط 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:

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

– ما مصدر الطاقة الأساسي على سطح الأرض؟

– كيف تنتج 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.

أبيِّن 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 يتم دراسة الطاقة الحرارية المرافقة للتفاعلات الكيميائية، وبعض التحولات الفيزيائية للمادة.

مشروع الوحدة:

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

1. مشروع تجارب في الكيمياء: أكلِّف مجموعات الطلبة بإجراء التجارب الواردة في الوحدة، وتصويرها فيديو وتحميل هذه الفيديوهات على الموقع الإلكتروني للمدرسة.
2. مشروع «العب مع الكيمياء»: أكلِّف 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.

أوجِّه 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 لتحقيق تلك الأهداف؛ الأمر الذي يساعد في نجاح المشروع واستدامته.

الطاقة المرافقة للتفاعل

الهدف: استكشاف الحرارة المرافقة لإذابة الحمض في الماء.

زمن التنفيذ: 5 دقائق

إرشادات الأمن والسلامة:

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

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة ، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهِّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- أتجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّها ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- أتأكد من أن الطلبة تمكنوا من ملاحظة ارتفاع درجة الحرارة.

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

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

التحليل والاستنتاج:

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

الطاقةُ المرافقةُ للتفاعلِ

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

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 (20 mL) منَ الماءِ المقطرِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ، وأقيسُ درجةَ حرارتِهِ، وأسجلُها.
2. **أقيسُ**: أضعُ (5 mL) منْ محلولِ حمضِ الكبريتيكِ المركزِ في المخبارِ المدرجِ الثاني. وأقيسُ درجةَ حرارتِهِ وأسجلُها.
3. أضيفُ ببطءٍ محلولَ حمضِ الكبريتيكِ المركزَ إلى الكأسِ الزجاجيةِ المحتويةِ على الماءِ المقطرِ، وأحركُ المحلولَ ببطءٍ.
4. **أقيسُ**: أنتظرُ 1 min 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:** قائمة الرصد.

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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية**: التعلم المتبادل.

أوضِّح 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.

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

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟

أستمع إلى إجابات، مذكِّرًا إياهم بقانون حفظ الطاقة: «الطاقة لا تفنى، ولا تستحدث ولكنها تتحول من شكل إلى آخر»، وأذكِّرهم بأهم العمليات الحرارية كعمليات التسخين والتبريد، وعملية التبخر وعملية التكاثف، وأن بعض هذه العمليات يؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية، وبعضها الآخر يتطلب حدوثها تزويدها بكمية كافية من الطاقة الحرارية.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم: المحتوى الحراري

● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالمحتوى الحراري؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن 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 الممتصة أثناء التفاعل أو الناتجة عنه تُسمّى التغير في المحتوى الحراري، ويرمز إليها بالرمز (ΔH).

◄ استخدام الصور والأشكال:

● أوجِّه 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؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها وأبيِّن 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:

● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

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

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، ثم أبيِّن لهم أن التغير في المحتوى الحراري (ΔH) للتفاعل يكون موجبًا عند امتصاص المواد للطاقة، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر منه للمواد المتفاعلة. ويكون سالبًا عند انبعاث الطاقة من التفاعل، ويكون المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل منه للمواد المتفاعلة.

الفكرةُ الرئيسة :

يرافقُ التغيراتِ الكيميائيةَ والفيزيائيةَ 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 في البحثِ في الطاقةِ المصاحبةِ للتفاعلاتِ الكيميائيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ :

المحتوى الحراريُّ Enthalpy

التغيرُ في المحتوى الحراريِّ Change in Enthalpy

تفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ Exothermic Reactions

تفاعلاتٌ ماصةٌ للحرارةِ Endothermic Reactions

طاقةُ الانصهارِ الموليةُ Molar Fusion Energy

طاقةُ التبخرِ الموليةُ Molar Evaporation Energy

طاقةُ التجمُّدِ الموليةُ Molar Freezing Energy

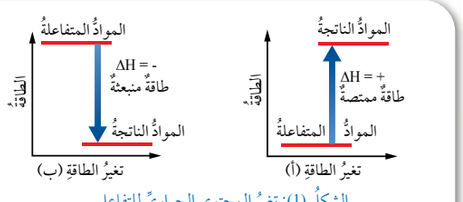
طاقةُ التكاثفِ الموليةُ Molar Condensing Energy

الطاقةُ المرافقةُ للتفاعلِ الكيميائيِّ
Energy Accompaniment the Chemical Reactions

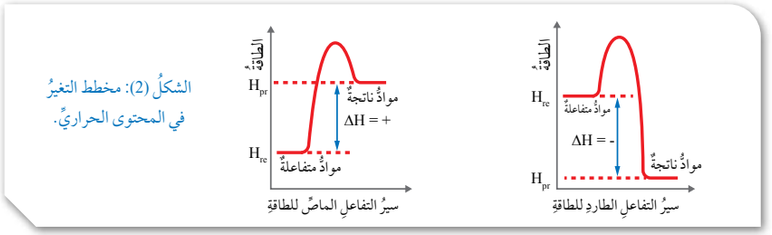
يرافقُ حدوثَ كثيرٍ منَ التفاعلاتِ انبعاثُ كمياتٍ منَ الطاقةِ مثلَ الناتجةِ منِ احتراقِ الوقودِ (غازِ الطبخِ، والفحمِ وغيرِها)، في حينِ تحتاجُ بعضُ التفاعلاتِ إلى امتصاصِ الطاقةِ حتى تحدثَ، مثلَ طهوِ الطعامِ وتفاعلاتِ البناءِ الضوئيِّ وغيرِها، ويهتمُّ الكيميائيونَ بدراسةِ تغيراتِ الطاقةِ التي ترافقُ هذهِ 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

يحدثُ كثيرٌ منَ التفاعلاتِ الكيميائيةِ في المختبراتِ، وفي أجسامِ الكائناتِ الحيةِ عندَ ضغطٍ ثابتٍ، ويرافقُ حدوثَها انبعاثٌ أوِ امتصاصٌ للطاقةِ، ما يشيرُ إلى تغيراتٍ تحدثُ للطاقةِ 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 **التغيرُ في المحتوى الحراريِّ Change in Enthalpy**، ويُرمَزُ إليهِ بالرمزِ (ΔH)، وقدْ تكونُ إشارتُهُ 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): مخطط التغيُّرِ 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 الحراريِّ للموادِّ الناتجةِ - المحتوى الحراريِّ للموادِّ المتفاعلةِ.

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

أفكّرُ كيفَ تنتقلُ الحرارةُ منَ المدفأةِ إلى الأشخاصِ المحيطينَ بها؟

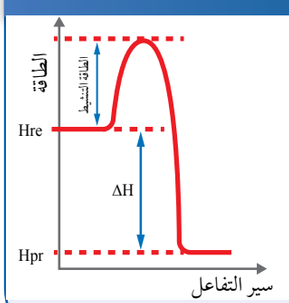
تفاعلاتٌ طاردةٌ للحرارةِ Exothermic Reactions

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 منهُ 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

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

إضاءة للمعلم/ للمعلمة



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

استخدام الصور والأشكال:

- أوجِّه الطلبة إلى تأمل الشكل (2) وأطلب إليهم تتبع تغير الطاقة خلال سير التفاعل. ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– كيف تتغير طاقة المواد المتفاعلة خلال سير التفاعل؟

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

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

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

المناقشة:

- أقدِّم على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف يمكن تصنيف التفاعلات من حيث الطاقة المرافقة لحدوثها؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن هناك تفاعلات طاردة للطاقة، وأخرى ماصة للطاقة مع ذكر بعض الأمثلة.

- أطرح 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؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، وأبيِّن لهم أن احتراق الوقود يؤدي إلى انبعاث طاقة حرارية.

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

ثم أبيِّن لهم أنها 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:

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيّن 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.

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

◄ المناقشة:

● أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها وأبيّن 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.

التعليم المدمج:

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة المناسبة عن أنواع التفاعلات الكيميائية، ثمَّ أُعداد فيلم قصير عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، وأحدد موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

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

◄ تعزيز: مفهوم التفاعل الماص للحرارة.

● أوضِّح 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.

فمثلًا، يتفاعلُ شريطُ المغنيسيومِ (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؛ ما 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 لحدوثهِ منْ ضوءِ الشمسِ، ويُطلَقُ على التفاعلاتِ التي منْ هذا النوعِ اسمُ **التفاعلاتِ الماصَّةِ 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.

أفكّرُ: يُستخدَمُ تفاعلُ الثيرمايتِ في لحامِ قضبانِ السككِ الحديديةِ، ويتطلبُ ذلكَ تزويدَهُ بكميةٍ كبيرةٍ منَ الحرارةِ لبدءِ التفاعلِ، وعلى الرغمِ منْ ذلكَ يُعدُّ تفاعلُ الثيرمايتِ طاردًا للحرارةِ. أفسّرُ ذلكَ.

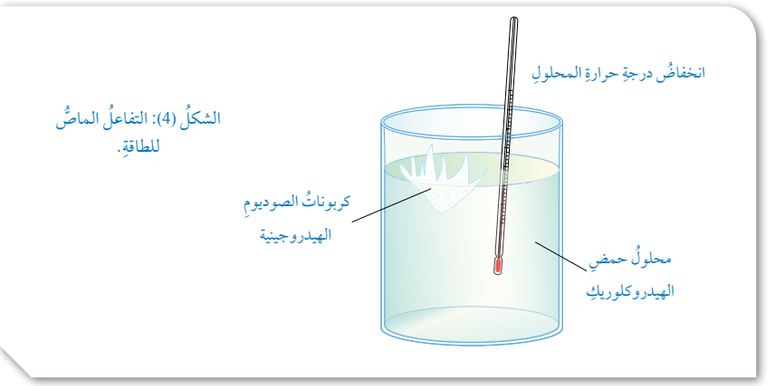
أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدامِ برنامجِ صانعِ الأفلامِ (Movie Maker)، يبينُ التفاعلاتِ الطاردةَ والماصةَ للطاقةِ، وعلاقتَها بالمحتوى الحراريِّ، وأحرصُ على أنْ يشتملَ على رسومٍ تخطيطيةٍ لمنحنياتِ الطاقةِ، وصورٍ لأمثلةٍ توضيحيةٍ، ثمَّ أشاركُهُ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

اكتشف تفاعل الثيرمايت 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.



فمثلًا، 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 على زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

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؟

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:

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

- كيف تستدل من المعادلة أن التفاعل ماصّ للطاقة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن 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

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

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

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الوصف، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهِّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر، ويفضل أن تنفذ التجربة مع قيِّم المختبر في يوم سابق.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- أتجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- أتأكد من أنهم تمكنوا من ملاحظة تغيرات درجة حرارة المحاليل.

تنبيه: أوجِّه انتباه الطلبة إلى أنه يجب إضافة محلول القاعدة إلى الحمض ببطء وحذر، والانتظار إلى حين ثبات درجة حرارة المحلول ثم أخذ قراءة مقياس الحرارة.

التحليل والاستنتاج:

1. تزداد درجة حرارة المحلول؛ أستنتج أن التفاعل طارد للحرارة.
2. تنخفض درجة حرارة المحلول؛ أستنتج أن التفاعل ماص للحرارة.
3. تزداد درجة حرارة؛ ما يعني أن التفاعل طارد للحرارة، وهذا ما 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.

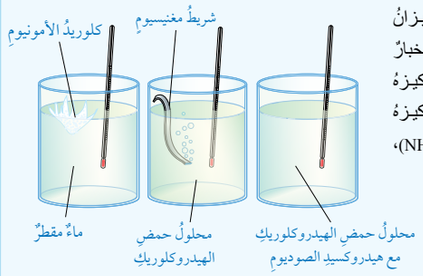
استراتيجية التقويم: الملاحظة. **أداة التقويم:** قائمة الرصد.

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

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 (2 cm)، 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 (20 mL) منْ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارةِ المحلولِ في الكأسِ، وأسجلُها.
2. **أقيسُ:** أضيفُ شريطًا منَ المغنيسيومِ طولُهُ (2 cm)، 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 الثانيةِ (20 mL) من الماءِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارتهِ، وأسجلُها.
5. **أزنُ:** باستخدامِ الميزانِ الحساسِ أزنُ (5 g) 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 (20 mL) منْ محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ باستخدامِ المخبارِ المدرجِ. وأقيسُ درجةَ حرارتهِ وأسجلُها.
8. **أقيسُ:** أضيفُ إلى الكأسِ (20 mL) 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.

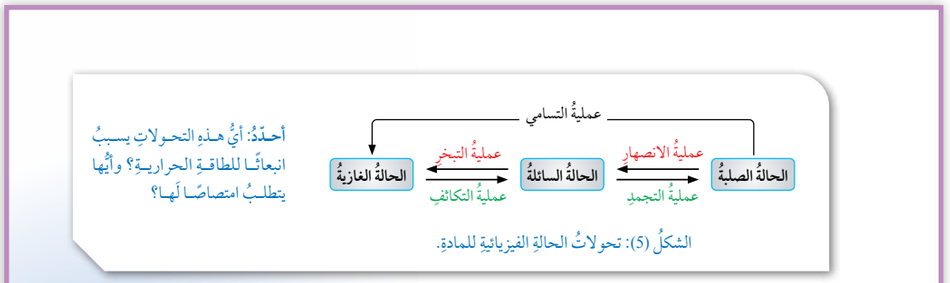
التحليلُ والاستنتاجُ:

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.



الشكلُ (5): تحولاتُ الحالةِ الفيزيائيةِ للمادةِ.

الطاقةُ والحالةُ الفيزيائيةُ للمادةِ

Energy and Physical State of Matter

توجدُ المادةُ في حالاتٍ فيزيائيةٍ ثلاثٍ، هيَ: الصلبةُ والسائلةُ والغازيةُ، ولكلٍّ منْ هذهِ الحالاتِ خصائصُ معينةٌ تعتمدُ على طبيعةِ المادةِ والروابطِ بينَ جسيماتِها، ويمكنُ أنْ تتحولَ المادةُ منْ حالةٍ فيزيائيةٍ إلى أخرى، فيمكنُ تحوُّلُ الغازاتِ إلى سوائلَ بالضغطِ والتبريدِ، كذلكَ يمكنُ تحويلُ المادةِ الصلبةِ إلى السائلةِ بالتسخينِ، وهذا يشيرُ إلى أنَّهُ يرافقُ تحولَ المادةِ منْ حالةٍ فيزيائيةٍ إلى أخرى تغيراتٌ في الطاقةِ؛ فقدْ يكونُ هذا التحولُ ماصًّا للطاقةِ أوْ طاردًا لَها. ويبينُ الشكلُ (5) تغيراتِ الطاقةِ المصاحبةَ للتحولاتِ الفيزيائيةِ للمادةِ.

الانصهارُ Fusion

عمليةُ تحويلِ المادةِ منَ الحالةِ الصلبةِ إلى الحالةِ السائلةِ، وهذا يتطلبُ تزويدَ المادةِ بكميةٍ كافيةٍ منَ الطاقةِ الحراريةِ؛ للتغلبِ على الترابطِ بينَ جزيئاتِ المادةِ أوْ ذراتِها، وهذا يعني أنَّ الانصهارَ عمليةٌ ماصّةٌ للطاقةِ، فمثلًا يمتصُّ الجليدُ طاقةً حراريةً منَ الوسطِ المحيطِ ليتحولَ إلى الماءِ السائلِ، وهوَ ما يفسرُ الشعورَ ببرودةِ الجوِّ نتيجةَ انخفاضِ درجةِ حرارتِهِ؛ بسببِ انصهارِ الثلجِ في أيامِ الشتاءِ، وتعتمدُ كميةُ الطاقةِ اللازمةُ للانصهارِ على كميةِ الجليدِ، وتُسمّى كميةُ الطاقةِ اللازمةُ لتحويلِ مولٍ منَ المادةِ الصلبةِ عندَ درجةِ حرارةٍ ثابتةٍ إلى الحالةِ السائلةِ **طاقةَ الانصهارِ المولية Molar Fusion Energy**، ولكلِّ مادةٍ طاقةُ انصهارٍ خاصةٌ بِها، فطاقةُ الانصهارِ المولية للجليدِ مثلًا تساوي (6.01 kJ)، ويمكنُ التعبيرُ عنْها بالمعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

$$H_2O_{(s)} + 6.01kJ \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$$

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.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

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

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، وأبيِّن 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:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالانصهار؟

– كيف تحدث هذه العملية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم 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:

طاقة الانصهار المولية

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بطاقة الانصهار المولية؟

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة تحول الجليد إلى ماء سائل، وأبيِّن 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).
- أوضِّح لهم أن كمية الطاقة اللازمة لتحول مول من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة تُسمى (طاقة الانصهار المولية للمادة).

المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالتبخر؟ وكيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التبخر المولية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، وأبيّن لهم مفهوم التبخر مستعينًا بالشكل المرفق في الهامش، وبيّن لهم أن عملية التبخر تتطلب تزويد المادة بكمية كافية من الحرارة؛ للتغلب على التجاذب بين جزيئات المادة أو ذراتها؛ لتتحول إلى الحالة الغازية.

ثم أوظّف معادلة تبخر الماء لتوضيح طاقة التبخر المولية. وأوضّح لهم المقصود بطاقة التبخر المولية للمادة.

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بعملية التجمد؟ وكيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التجمد المولية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وناقشهم بها، ثم أبيّن لهم المقصود بالتجمد ، وأوضّح لهم أنها تتطلب خفض درجة حرارة المادة وفقدها للطاقة؛ مما يزيد من التجاذب بين جزيئاتها أو ذراتها لتتحول إلى الحالة الصلبة. ثم أوضّح لهم المقصود بطاقة التجمد المولية للمادة.

طريقة أخرى للتدريس — التبخر والتجمد

- العمل في مجموعات:

– أقسّم الطلبة إلى مجموعات.

– أكلّف كل مجموعة بدراسة أحد التحولات الفيزيائية للمادة.

– أطلب إلى المجموعات توزيع الأدوار بينهم .

– أطلب إلى المجموعات تعيين مؤقت للمجموعة.

– أطلب إلى المجموعة تعيين ملخص.

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

– يقدم أحد أفراد المجموعة ملخصًا للحالة الفيزيائية التي درستها مجموعته.

– بعد تقديم المجموعات مهامَّها، أستمع لأسئلة الطلبة، وأدير نقاشًا حول هذه التساؤلات، مقدِّمًا 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 السائلةِ عندَ درجةِ حرارةٍ معينةٍ **طاقةَ التبخرِ المولية Molar Evaporation Energy**، ولكلِّ مادةٍ طاقةُ تبخرٍ خاصةٌ بِها؛ فطاقةُ التبخرِ المولية للماءِ مثلًا تساوي (40.7 kJ)، ويمكنُ التعبيرُ عنْها بالمعادلةِ الكيميائيةِ الآتيةِ:

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

أفكّرُ تسهمُ عمليةُ التبخرِ في الحفاظِ على درجةِ حرارةِ سطحِ الأرضِ وتوزيعِ الحرارةِ عليهِ، أوضحُ ذلكَ.

التجمدُ Freezing

عمليةُ تحوُّلِ المادةِ السائلةِ إلى صلبةٍ عنْ طريقِ تبريدِها بخفضِ درجةِ حرارتِها؛ فيقلُّ 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 منْ 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 جُمِّدَ مول منَ الماءِ وتحوّلَ إلى جليدٍ، تنطلقُ نتيجةً لذلكَ كميةٌ منَ الطاقةِ تساوي (6.01 kJ)، وتُسمّى **طاقةَ التجمدِ المولية Molar Freezing Energy**.

50

أخطاء شائعة

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

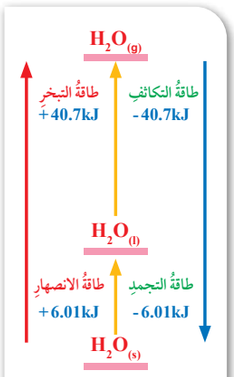
أفكّرُ عند تبخر المياه من المسطحات المائية فإنها تمتص الحرارة من أشعة الشمس والوسط المحيط، وتختزن هذه الطاقة في بخار الماء الذي ترتفع درجة حرارته وتقل كثافته ويرتفع للأعلى ويتحرك مع الرياح وعند وصوله إلى طبقات الجو العليا الأقل حرارة فإنه يبرد ويتكاثف ويفقد تلك الطاقة، وبهذا فإنه يساعد على نقل الطاقة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

التكاثفُ Condensation

يتكاثفُ الغازُ ويتحولُ إلى سائلٍ عندَ زيادةِ الضغطِ المؤثرِ فيهِ وخفضِ درجةِ حرارتِهِ؛ فتقتربُ نتيجةً ذلكَ جزيئاتُ 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 الغازِ عندَ درجةِ الغليانِ: **طاقةَ التكاثفِ المولية Molar Condensing Energy**، وهيَ تساوي طاقةَ التبخرِ المولية. وهكذا نجدُ أنَّ عمليتي التجمدِ والتكاثفِ هما تحولاتٌ طاردةٌ للطاقةِ الحراريةِ.

التسامي Sublimation

تحولُ المادةِ منَ الحالةِ الصلبةِ إلى الحالةِ الغازيةِ من دونِ 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 مول منَ الجليدِ مثلًا، يتطلبُ تزويدَهُ بمقدارٍ منَ الطاقةِ يساوي (46.71 kJ)، وكميةُ الطاقةِ هذهِ تساوي مجموعَ كميةِ الطاقةِ اللازمةِ عندَ تحويلِهِ 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 زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

التعليم المدمج:

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة المناسبة عن دورة الماء في الطبيعة وتحولات الطاقة، ثمَّ إعداد عرض قصير عن ذلك باستخدام برنامج السكراتش، وأحدد موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالتكاثف ؟

– كيف تحدث هذه العملية؟

– ما المقصود بطاقة التكاثف المولية؟

أتقبَّل إجابات الطلبة، وأبيِّن 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:

التسامي

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

استخدام الصور والأشكال:

- أوظِّف 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.

أتحقَّق:

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

ب) أيام الربيع في المناطق الإستوائية يبدأ سقوط أشعة الشمس على الكتل الجليدية التي 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

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة موضوع الكمادات الباردة والساخنة، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

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

أتقبَّل إجابات الطلبة وناقشهم فيها، وأبيِّن لهم أثر التفاعل الكيميائي وتغيرات الطاقة المرافقة له في عمل الكمادات الباردة والساخنة، مبينًا أهم المواد الكيميائية التي تستخدم في صناعة الكمادات الباردة، وكذلك المواد الكيميائية التي تستخدم في صناعة الكمادات الساخنة. وأبيِّن أهم المجالات التي تستخدم فيها هذه الكمادات.

أبحثُ

أوجِّه 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، وأحدد لهم موعدا لمناقشته.

نتائج متوقعة:

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

الربطُ بالحياةِ: الكماداتُ الباردةُ والساخنةُ

يتعرضُ الرياضيونَ للإصاباتِ والكدماتِ في أثناءِ المبارياتِ الرياضيةِ أوْ في أثناءِ التدريباتِ، وقد استُفيد منَ التفاعلاتِ الماصةِ والتفاعلاتِ الطاردةِ للحرارةِ في صناعةِ ما يُسمّى بالكماداتِ الفوريةِ التي تُستخدَمُ للتخفيفِ منَ الآلامِ الناتجةِ منْ هذهِ الإصاباتِ، وهيَ تتكونُ منْ كيسٍ بلاستيكيٍّ يحتوي على مادةٍ كيميائيةٍ بالإضافةِ إلى كيسٍ صغيرٍ منَ الماءِ، وعندَ ضغطِ الكمادةِ ينفجرُ كيسُ الماءِ داخلَها 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 تُستخدَمُ 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 في أثناءِ المبارياتِ.

أبحثُ

لعلّي لاحظتُ أنَّ التحولاتِ الفيزيائيةَ في حالةِ المادةِ يرافقُها امتصاصٌ أوِ انبعاثٌ للطاقةِ الحراريةِ، فهلْ جميعُ التحولاتِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ للموادِّ ترافقُها 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 على زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية**: المشاركة

أبيِّن للطلبة أن المشاركة تعد عنصرًا أساسيًّا في التفاعل الاجتماعي وهي المسؤولة عن تعزيز الروابط الاجتماعية، وأنَّ للمشاركة أشكالًا متعددة منها المشاركة في المعرفة، ولذلك من الضروري مشاركة الطلبة بعضهم 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 يأتي:

- 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 في أثناءِ انصهارِ الثلجِ في أيامِ الشتاءِ.

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

6- **أحسبُ المتغيراتِ:** إذا كانَ المحتوى الحراريُّ للموادِّ الناتجةِ منْ 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

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

مراجعة الدرس

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

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

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

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

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

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:

- أقدِّم الفكرة الرئيسة للدرس، وأكتبها على اللوح.
- أوضِّح للطلبة أن المواد تتبادل الطاقة في ما بينها؛ تبعًا لطبيعتها واختلاف درجة حرارتها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجِّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– ما طرائق انتقال الحرارة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأذكِّرهم 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:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

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

- أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أبيِّن 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. وأوضِّح لهم اتجاه انتقال الحرارة في التفاعل الماص والتفاعل الطارد، وأثر ذلك على درجة حرارة المادة والوسط المحيط.
- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل(8)، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

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

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوضِّح 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	Calorimetr
الحرارةُ الممتصةُ	Heat Absorbed
الحرارةُ المنبعثةُ	Heat Emitted

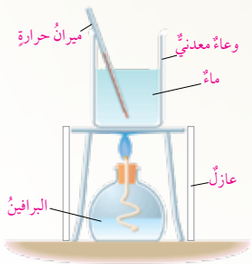
تبادلُ الطاقةِ بينَ المادةِ والمحيطِ
Energy Exchange between Matter and the Surrounding

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 يحوي كميةً منَ الماءِ، فإنَّ الماءَ سوفَ ترتفعُ درجةُ حرارتِهِ، وعندَ وضعِ الكأسِ في الهواءِ مدةً وجيزةً سوفَ تنخفضُ درجةُ حرارةِ الماءِ داخلَهُ، ويرجعُ السببُ في ذلكَ إلى أنَّهُ فقدَ كميةً منْ طاقتِهِ الحراريةِ وانتقلتْ إلى الوسطِ المحيطِ بِهِ (الهواءِ)؛ فتنخفضُ نتيجةَ ذلكَ درجةُ 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 منَ الاحتراقِ سوفَ تنتقلُ إلى الماءِ مسببةً رفعَ درجةِ حرارتِهِ، كما في الشكلِ (8).

ومنَ الجديرِ بالذكرِ أنَّ ارتفاعَ درجةِ حرارةِ الماءِ خلالَ مدةٍ زمنيةٍ معينةٍ منَ التسخينِ يعدُّ مؤشرًا على كميةِ الحرارةِ الناتجةِ منَ الاحتراقِ، معَ مراعاةِ أنَّ جزءًا قليلًا منَ الحرارةِ الناتجةِ منَ الاحتراقِ سوفَ ينتقلُ إلى الهواءِ المحيطِ، وتختلفُ كميةُ الحرارةِ الناتجةُ منَ 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 أجهِّز موقدي اشتعال وأضع في أحدهما كمية من البرافين السائل، وفي الآخر كمية مماثلة من الكحول الإيثيلي، أضع في كأسين زجاجيتين 200 ml من الماء، أطلب إلى مجموعة من الطلبة تسخين الكأس الأولى على موقد البرافين ومجموعة أخرى تسخين الكأس الثانية على موقد الكحول، وقياس درجة الحرارة بعد دقيقتين بالضبط. وأطلب إليهم ملاحظة اختلاف درجة حرارة الماء في الكأسين.

أخطاء شائعة

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

السعةُ الحراريةُ Heat Capacity

عندَ تعريضِ المادةِ للحرارةِ، فإنَّها تمتصُّ كميةً منَ الحرارةِ وترتفعُ درجةُ حرارتِها، وتُسمّى كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ المادةِ درجةً سيليزيةً واحدةً: السعةَ الحراريةَ، يُرمَزُ إليْها بالحرفِ (C)، وهيَ تعتمدُ على كتلةِ المادةِ ومقدارِ التغيرِ في درجةِ حرارتِها، وتُقاسُ بوحدةِ جول/ درجة سلسيوس (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 t_2 – درجةُ الحرارةِ الابتدائيةُ t_1) ($\Delta t = t_2 - t_1$)

الربطُ بالعلومِ الحياتيّةِ

الحرارةُ النوعيةُ للماءِ والعلومُ الحياتيةُ: 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؛ فيجعلُها بيئةً مناسبةً لحياةِ كثيرٍ منَ الكائناتِ البحريةِ التي تعيشُ في هذهِ المياهِ سواءٌ الأسماكُ بأنواعِها أمِ النباتاتُ.

الحرارةُ النوعيةُ Specific Heat

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

طريقة أخرى للتدريس — السعة الحرارية

- أوزِّع الطلبة الى مجموعتين تشكل كل منهما طاولة مستديرة.
- أمرِّر إلى كل مجموعة ورقة تتضمن سؤالين:

الأول– ماذا نعني بالسعة الحرارية للمادة؟

الثاني– ماذا نعني بالحرارة النوعية للمادة؟

بحيث تمرر الورقة إلى أفراد المجموعة؛ ليضيف إليها كل طالب إسهامه في الإجابة.

- وبعد 5 دقائق أطلب إليهم التوقف، ثم أدير نقاشًا بينهم حول إجاباتهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة للسؤالين.

السعة الحرارية: كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ المادةِ درجةً سيليزيةً واحدةً

الحرارة النوعية: كميةُ الحرارةِ اللازمةُ لرفعِ درجةِ حرارةِ غرام واحد منَ المادةِ درجةً واحدةً سلسيوس عندَ ضغط ثابت.

◄ بناء المفهوم:

السعة الحرارية

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ماذا يحدث نتيجة لتعريض المادة للتسخين؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوضِّح 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. وأبيِّن لهم العوامل التي تعتمد عليها السعة الحرارية، وأكتب على اللوح العلاقة التي تُحسَبُ بها كمية الحرارة التي يمكن أن تكتسبها أو تفقدها المادة.

- أوجِّه الى الطلبة السؤال الآتي:

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

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، ثم أبيِّن لهم أن تأثر المواد المختلفة بالحرارة يختلف من مادة إلى أخرى، وأن ذلك يعتمد على الحرارة النوعية للمادة، وأوضِّح لهم المقصود بالحرارة النوعية. ثم أبيِّن 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.

الربط مع الأحياء

أوجِّه الطلبة الى دراسة موضوع الربط مع العلوم الحياتية، ثم أوجِّه اليهم السؤال الآتي: لماذا لا يتأثر جسم الإنسان بتقلبات الجو بدرجة كبيرة مثل المعادن؟

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

◄ قراءة الجداول:

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

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

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها، ثم أبيّنِ لهم أن عملية التسخين تستغرق مدة وجيزة وقبل وصول الماء إلى درجة الغليان، أي عند بداية التسخين فإن الوعاء يسخن قبل الماء وترتفع درجة حرارته أكثر من الماء، ويمكن ملاحظة ذلك بقياس درجة حرارة الماء وقياس درجة حرارة طرف الوعاء البعيد عن الماء، وأن سبب ذلك انخفاض الحرارة النوعية للفلز مقارنة بالحرارة النوعية للماء، وأن انخفاض الحرارة النوعية للفلز يجعله أكثر تأثرًا بالحرارة من الماء رغم تعرضهما للحرارة نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

– ما المسعِر؟ وكيف يتم قياس الحرارة النوعية للمادة؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، وأبيِّن لهم مكونات كل من مُسعِر الماء ومُسعِر القنبلة واستخدام كل منهما.
- ثم أوضِّح لهم المقصود بالمسعِر، 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
المغنيسيومُ	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؟

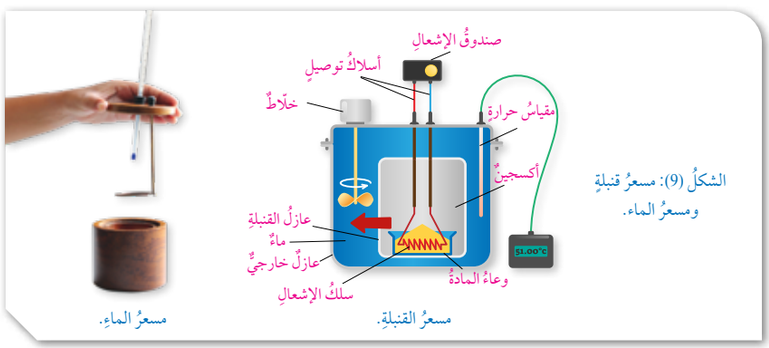
أفكّر لماذا تبقى درجةُ حرارةِ جسمِ الإنسانِ السطحيةِ ثابتةً تقريبًا (37°C) على الرغمِ منْ تعرضهِ لتقلباتِ الحرارةِ اليوميةِ؟

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

قياسُ الحرارةِ النوعيةِ للمادةِ

Measuring the Specific Heat of A Substance

يُستخدَمُ لقياسِ الحرارةِ النوعيةِ للمادةِ جهازٌ يُسمّى **المُسعِرَ Calorimetr**، 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 منَ التفاعلِ أوْ تزويدِ التفاعلِ بالحرارةِ اللازمةِ، ويمكنُ قياسُ التغيرِ في درجةِ حرارةِ الماءِ؛ لأنها 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 (1):

الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية للفلزات.

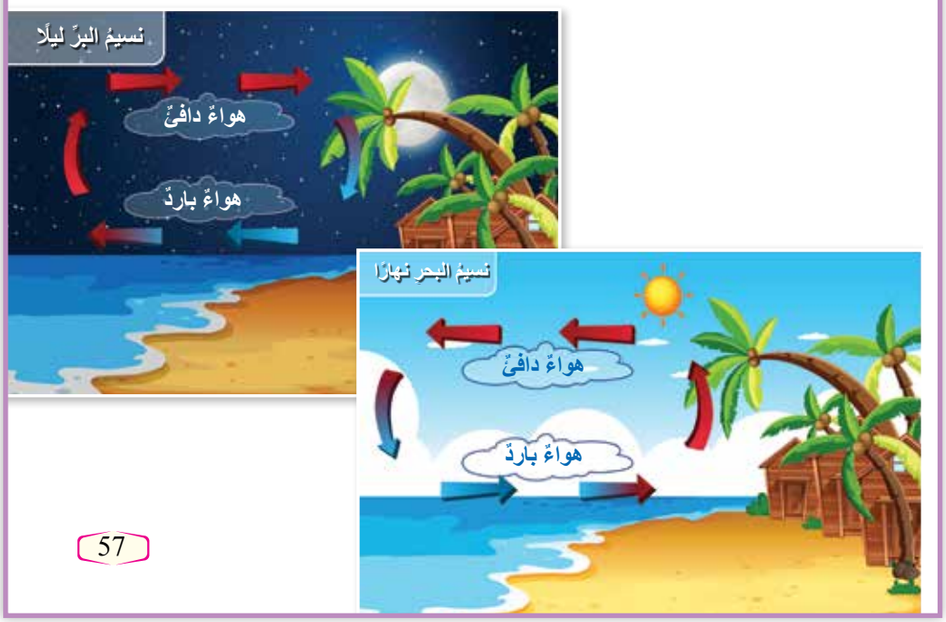
إضاءة للمعلم/للمعلمة

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.

الربطُ بعلومِ 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 الهواءِ الذي فوقَ الماءِ أقلَّ حرارةً، وأكثرَ كثافةً، وأكثرَ ضغطًا؛ فيندفعُ نحوَ اليابسةِ تياراتٍ هوائيةً تُسمّى نسيمَ البحرِ، ويحدثُ ذلكَ عادةً في أثناءِ النهارِ أيامَ الصيفِ والربيعِ.

أما في 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 تياراتٍ هوائيةً باردةً منَ اليابسةِ نحوَ البحرِ تُسمّى نسيمَ البرِّ، وهذا يحدثُ عادةً في أثناءِ الليلِ.



57

توظيف التكنولوجيا

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

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استخدام أي وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الربط مع علوم الآرض:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة نسيم البر، ونسيم البحر، وإجابة الأسئلة الآتية:
  - ما المقصود بنسيم البر؟
  - ما المقصود بنسيم البحر؟
  - ما سبب حدوث كل منهما؟
- أتقبَّل إجابات الطلبة وأناقشهم فيها وأبيِّن المقصود بنسيم البر ونسيم البحر، حيث 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 الهواءِ الذي فوقَ الماءِ أقلَّ حرارةً، وأكثرَ كثافةً، وأكثرَ ضغطًا؛ فيندفعُ نحوَ اليابسةِ تياراتٍ هوائيةً تُسمّى نسيمَ البحرِ، ويحدثُ ذلكَ عادةً في أثناءِ النهارِ أيامَ الصيفِ والربيعِ.

أما في 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 تياراتٍ هوائيةً باردةً منَ اليابسةِ نحوَ البحرِ تُسمّى نسيمَ البرِّ، وهذا يحدثُ عادةً في أثناءِ الليلِ.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

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

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

مثال إضافي

- أناقش الطلبة في المثال (1) ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

جرى تسخين (10 g) من الماء من (20°C) إلى (50°C)، أحسب 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 كثير 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.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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 سلسيوس 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).

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 مدةً محددةً، نجدُ أنَّ قطعةَ الحديدِ أَوِ 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 (20 g) 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:

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

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

المثال 2

سُخِّنَتْ قطعةٌ منَ الحديدِ كتلتُها (50 g) 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:

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

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

ألاحظُ 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 (5 g) 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 (150 g)، ما كميةُ الحرارةِ اللازمةِ لرفعِ درجةِ حرارتِها (30°C)؟

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

✓ 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:

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

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

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

$\Delta t = t_2 - t_1$

$20 = t_2 - 45$

$t_2 = 25°C$

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف يمكن حساب الطاقة المنبعثة من التفاعل نظريًّا؟

أستمع لإجابات الطلبة، وأناقشهم فيها.

- أدقق إجابات الطلبة ثم أطلب اليهم مقارنة إجاباتهم بالمثال (2) ثم أوجِّه اليهم السؤال التالي:

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

- أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم 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.

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

مثال إضافي

- أناقش الطلبة في المثالين(2و3)، ثم أطلب 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:

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

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

التجربة 2

قياس الحرارة النوعية للنحاس

الهدف: تقدير الحرارة النوعية للنحاس عمليًّا.

إرشادات الأمن والسلامة:

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

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

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهِّز المواد والأدوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزِّع الطلبة إلى مجموعات، وأطلب إليهم اتباع خطوات تنفيذ التجربة بشكل متسلسل.
- أتجوَّل بين مجموعات الطلبة موجِّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابع الطلبة اثناء تنفيذ الإجراءات، وأوضِّح لهم الغاية من كل خطوة أثناء التنفيذ.
- أتأكد من أنهم تمكنوا من قياس درجة حرارة الماء بدقة في كل مرة.

تنبيه: أوجِّه 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 :

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

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

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

التجربة 2

قياسُ الحرارةِ النوعيةِ للنحاسِ

الموادُّ والأدواتُ:

كأسانِ زجاجيتانِ بسعةِ (300 mL)، كأسُ بوليسترين، ميزانُ حرارةٍ كحوليٌّ، مِلقطٌ معدنيٌّ، ميزانٌ حساسٌ، ماءٌ مقطرٌ، كرةٌ نحاسيةٌ، منصبٌّ، 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 (100 mL) منَ الماءِ، وأضيفُ إليْها الكرةَ النحاسيةَ، وأضعُها على اللهبِ أوِ السخانِ الكهربائيِّ.
3. **أقيسُ:** أُضيفُ إلى كأسِ البوليسترينِ (100 mL) 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** في جدولٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

2- **أحسبُ** 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، ثمَّ 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؟

مستعينًا بالكلمـاتِ المفتاحيـةِ الآتيـةِ: (السـعراتُ الحراريـةُ، النظـامُ الغذائـيُّ، السـعراتُ الحراريةُ فـي الموادِّ الغذائيـةِ، إنقـاصُ الـوزنِ، زيـادةُ الـوزنِ) أبحـثُ عنْ طرائـقِ حسـابِ السـعراتِ الحراريـةِ للأطعمـةِ المختلفةِ، وأكتـبُ تقريـرًا بذلكَ، أوْ أصمـمُ عرضًا تقديميًّا حـولَ الموضوعِ، وأعرضـهُ على زملائي/ زميلاتـي في الصفِّ.

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 ارتفاعًا متفاوتًا.

3 – أُجيبُ عمّا يأتي:

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

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

4 – **أحسبُ** الحرارةَ النوعيةَ لمادةِ الغرانيت؛ إذا امتصتْ قطعةٌ منهُ كتلتُها (200 g) 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 الحراريةِ نفسَها، ونُقِلَتْ هذهِ الصفائحُ إلى ثلاثةِ مسعراتٍ تحوي كميةً متماثلةً منَ الماءِ عندَ درجةِ حرارةِ الغرفةِ، فأيُّ هذهِ المسعراتِ تصبحُ درجةُ حرارةِ الماءِ فيهِ أكبرَ ما يمكنُ؟ أدعمُ إجابتي بالمبرراتِ.

أبحثُ

أوجِّه 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، وأحدد موعدًا لمناقشته معهم.

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 سلسيوس واحدة.

الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سلسيوس 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 للغرانيت

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 ثَم فهو أكثر وأشدّ تأثرًا منها بالحرارة، أي أنه يفقد كمية من الحرارة أكبر من الكمية التي يفقدها الحديد والألمنيوم؛ 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:

- أقدِّم الفكرة الرئيسة للدرس، وأكتبها على اللوح.
- ثم أوضِّح للطلبة أنه يمكن حساب الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات بعدة طرائق.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالرابطة الكيميائية؟ وما أنواع الروابط بين الذرات؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأذكِّرهم بالمقصود بالرابطة، أنواع الروابط بين الذرات. وأبيِّن لهم أن هذه الروابط تلعب دورًا مهمًّا في تحديد الطاقة المرافقة لحدوث التفاعلات.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل يمكن قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المُسعرات الحرارية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها موضِّحًا لهم أن هناك كثيرًا من التفاعلات يصعب قياس حرارة التفاعل المرافقة لحدوثها.

– لماذا يصعب قياس حرارة جميع التفاعلات باستخدام المسعرات الحرارية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أسباب ذلك، وأذكر لهم من الأسباب ما يأتي: أن بعض التفاعلات تحدث بسرعة، أي أنها تستغرق وقتًا قصيرًا، وأن بعضها يستغرق زمنًا طويلًا للحدوث، وكذلك عدم توافر الظروف المناسبة لحدوث بعض هذه التفاعلات في المختبرات.

– كيف يمكن حساب حرارة هذه التفاعلات؟

أستمع إلى إجابات، وأبيِّن لهم أن هناك عدة طرائق

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 :

القيمةُ الحراريةُ للوقودِ
Thermal Fuel Value

طاقةُ الرابطةِ Bond Energy

قانونُ حفظِ الطاقةِ
Energy Conservation Law

قانونُ هيس Hess's Law

حرارةُ التكوينِ القياسيةُ
Standard Enthalpy of Formation

المعادلةُ الكيميائيةُ الحراريةُ
The Thermochemical Equation

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 أتعرفُ بعضَ هذهِ الطرائقِ.

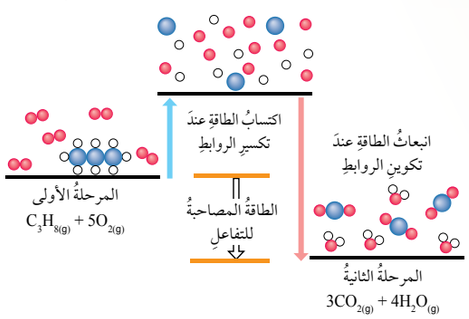
طاقةُ الرابطةِ Bond Energy

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؛ فيتطلبُ 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.

نظرية تستخدم لحساب الحرارة المرافقة للتفاعلات، وأذكر لهم منها: استخدام طاقة الروابط، وقانون هيس، وحرارة التكوين القياسية للمركبات. وأنهم في هذا الدرس سوف يتعرفون كيفية استخدام هذه الطرائق.

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة احتراق البروبان بوجود الأكسجين، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي: ما التغيرات التي تحدث على الذرات والروابط بينها خلال التفاعل؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأبيِّن لهم أنه خلال التفاعلات يتم تكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؛ ما يسمح بإعادة توزيع الذرات وترتيبها وتكوين روابط جديدة في تراكيب كيميائية جديدة.

في المرحلةِ الأولى تتكسرُ الروابطُ بينَ الذراتِ في الموادِ المتفاعلةِ، فتتكسرُ الروابطُ بينَ ذراتِ الكربونِ والهيدروجينِ، والروابطُ بينَ ذراتِ الكربونِ في البروبانِ (C_3H_8) وكذلكَ الرابطةُ بينَ ذرتَي الأكسجينِ في جزيءِ الأكسجين (O_2)، فتكتسبُ كلُّ رابطةٍ منْها كميةً كافيةً منَ الطاقةِ لكسرِها، وبذلكَ تكونُ هذهِ العمليةُ ماصةً للطاقةِ.

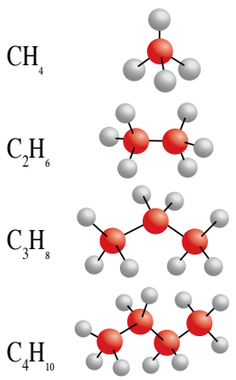
أمّا في المرحلةِ الثانيةِ فتتكونُ روابطُ جديدةٌ بينَ ذراتِ الكربونِ والأكسجينِ في المركبِ (CO_2) الناتجِ، وكذلكَ بينَ ذراتِ الأكسجينِ والهيدروجينِ في المركبِ (H_2O)، ويرافقُ تكوينَ هذهِ الروابطِ انبعاثُ كميةٍ منَ الطاقةِ، وتكونُ هذهِ العمليةُ طاردةً للطاقةِ. عمومًا، فإنَّ تفاعلَ احتراقِ الوقودِ يكونُ عادةً طاردًا للحرارةِ؛ ذلك 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 زملائي/ زميلاتي 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 للمعلم/للمعلمة

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: الألكينات، 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:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما المراحل التي يمر بها تفاعل احتراق البروبان؟

– ما تغيرات الطاقة المرافقة لكل مرحلة منها؟

– هل التفاعل ماصّ أم طارد للحرارة؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم فيها ثم أبيِّن لهم أن التفاعلات تمر بمرحلتين أساسيتين، وأبيِّن لهم التغيرات الكيميائية وتغيرات الطاقة المرافقة لحدوثها في كل مرحلة.
- ثم أوضِّح 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:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2)، وإجابة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالألكانات؟

– أي المواد في الجدول تنتج كمية أكبر من الحرارة عند حرق مول واحد منه؟

– أيها ينتج أقل كمية منها عند حرق مول واحد منه؟

- أستمع إلى إجابات الطلبة، ثم أوضِّح 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 أبيِّن لهم أن الهكسان ينتج أكبر كمية من الحرارة، وأن الميثان ينتج أقل كمية منها.

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– بالرجوع إلى الجدول؛ (2) ما العلاقة بين كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق والكتلة المولية للمركب؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأبيِّن لهم أن كمية الحرارة الناتجة عن حرق مول من المادة تزداد بزيادة الكتلة المولية.

التعليم المدمج:

أوجه الطلبة إلى الرجوع لمصادر المعرفة المناسبة عن احتراق البروبان، ثمَّ إعدادُ عرض قصير عن ذلك باستخدام برنامج السكراتش، وأحدد موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

◄ بناء المفهوم:

القيمة الحرارية للوقود

- أوضِّح للطلبة أن كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين تسمى القيمة الحرارية للوقود.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– كيف يتم كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة؟

– ما المقصود بطاقة الرابطة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأناقشهم فيها، ثم أبيِّن لهم أن كسر الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة يتطلب تزويدها بكمية كافية من الطاقة تسمى طاقة الرابطة، وأوضِّح لهم المقصود بطاقة الرابطة، ثم أبيِّن لهم أن تكوين الروابط بين ذرات المواد الناتجة ينتج عنه كمية من الطاقة.

◄ استخدام الجداول:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما طاقة كل من الروابط الآتية: (H-Cl)، (H-H)، (C=C)؟

- ما المقصود بقانون حفظ الطاقة؟

أستمع إلى إجابات الطلبة وأبيِّن لهم طاقات الروابط وهي

(H-H) = 436

HCl = 431

C=C = 614

وأناقشهم 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.

ألاحظُ أنَّهُ بزيادةِ عددِ ذراتِ الكربونِ في الألكانِ تزدادُ كتلتهُ المولية، وبذلكَ تزدادُ كميةُ الطاقةِ الناتجةِ من احتراقِها. وتُسمّى كميةُ الحرارةِ الناتجةِ منْ حرقِ غرامٍ واحدٍ منَ الوقودِ حرقًا تامًّا بوجودِ الأكسجينِ **القيمةَ الحراريةَ للوقودِ Thermal Fuel Value**.

يتضحُ أنَّ التفاعلَ الكيميائيَّ في مرحلتهِ 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 Bond Energy**، وهيَ كميةُ الطاقةِ اللازمةِ لكسرِ مولٍ منَ الروابطِ بينَ ذرتيْنِ في جزيءٍ غازيٍّ، وتُقاسُ بوحدةِ الكيلوجول/ مول (kJ/mol)، ويُرمَزُ إليْها (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 Law** في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، فإنَّ مجموعَ الطاقةِ التي تمتصُّها الروابطُ في الموادِّ المتفاعلةِ التي تنبعثُ عندَ تكوينِ الروابطِ الجديدةِ يمثلُ التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ (ΔH)، ويبينُ الجدولُ (3) قيمَ طاقةِ عددٍ منَ الروابطِ مقيسةً بالكيلو جول/ مول.

الجدولُ (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	391	393	163						
O	463	358	201	146					
S	339	259	-----	--	266				
F	567	485	272	190	327	159			
Cl	431	328	200	203	253	253	242		
Br	366	267	243	-----	218	237	218	193	
I	299	240	--	234	--	---	208	175	151
روابطُ متعددةٌ									
C=C	614	N=N	615	N=N	418				
C≡C	839	C≡N	891	C=O	804	in CO_2			
C≡O	1076	N=O	607	S=O	323				
N≡N	945	O=O	498	S=S	418				

طريقة أخرى للتدريس — طاقة الرابطة

- أقسِّم الطلبة إلى ثلاث مجموعات، ثم أطلب اليهم دراسة مراحل احتراق البروبان، ثم أوزِّع 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 أدير نقاشًا بين المجموعات. وألخِّص 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:

المثالُ 4

يتكونُ غازُ كلوريدِ الهيدروجينِ وفقًا للمعادلةِ الآتيةِ:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$

باستخدامِ الجدولِ (3) الذي يمثلُ طاقاتِ الروابطِ؛ أحسبُ الحرارةَ المرافقةَ للتفاعلِ.

تحليلُ السؤالِ: (المعطياتُ)

ألاحـظُ أنَّ هنـاكَ رابطـةً أحاديـةً بينَ ذرتَـي الكلـورِ (Cl – Cl) وأنَّ رابطـةً أحاديةً كذلكَ بيـنَ ذرتَي الهيدروجيـنِ (H – H) فـي المـوادِّ المتفاعلـةِ، وأنَّ هنـاكَ جزيئيْـنِ مـنْ (HCl)، كلُّ جـزيءٍ منْهـا يحتـوي علـى رابطـةٍ أحاديةٍ (H – Cl).

أيْ أنَّ عددَ الروابطِ (H – Cl) = 1 × 2 = 2

الحلُّ:

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$= 1 \times (H - H) + 1 \times (Cl - Cl) - 2 \times (H - Cl)$$
$$= 436 + 242 - 2(431) = -184\ kJ$$

الإشارةُ السالبةُ لحرارةِ التفاعلِ تشيرُ إلى أنَّ التفاعلَ طاردٌ للحرارةِ.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما العلاقة بين الطاقة اللازمة لكسر الرابطة والطاقة الناتجة عن تكوينها؟

أستمع إلى إجابات الطلبة مبيِّنًا 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؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن 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 أكتب لهم العلاقة التي تستخدم في حساب التغير في المحتوى الحراري على اللوح.

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

مثال إضافي

- أناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

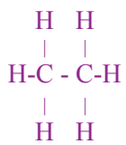
يحترق الإيثان (C_2H_6) في جو من الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:

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

باستخدام جدول طاقات الروابط؛ أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:



يوجد جزيئان من المركب (C_2H_6) يحتوي كل منهما ست روابط (C-H) ورابطة (C-C)

وهناك سبعة جزيئات من المركب (O_2) يحتوي كل منها رابطة ثنائية (O=O)

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:

$$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$$

$$\Delta H = 2(6(C\text{-}H) + 1(C\text{-}C)) + 7\,(O{=}O) - (4(2(C{=}O) + 6(2(H\text{-}O))$$

$$\Delta H = 2(6(413) + 348) + 7(494) - (4(2(799) + 6(2(464)) = -2850\ kJ$$

مثال إضافي

أناقش الطلبة في المثال (5)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

يتحلل بروميد الهيدروجين (HBr) وفق المعادلة الآتية:

$$2HBr_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

باستخدام جدول طاقات الروابط؛ أحسب الحرارة المرافقة للتفاعل.

تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد جزيئان من المركب (HBr) يحتوي كل منها على رابطة (H-Br)

المواد الناتجة :

هناك رابطة (H-H) في المركب H_2، ورابطة (Br-Br) المركب (Br_2).

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 2(H\text{-}Br) - \big((H\text{-}H) + (Br\text{-}Br)\big)$

$\Delta H = 2(362) - (436 + 190) = 98kJ$

أتحقَّقُ:

1) :تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

يوجد أربع روابط (C-H) في المركب (CH_4)

ورابطة (Cl-Cl) في المركب Cl_2

المواد الناتجة :

توجد ثلاث روابط (C-H) في المركب (CH_3Cl)

ورابطة (C-Cl)، وهناك رابطة (H-Cl) في المركب HCl.

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 4(C\text{-}H) + (Cl\text{-}Cl) - \big(3(C\text{-}H) + (C\text{-}Cl) + (H\text{-}Cl)\big)$

$\Delta H = 4(C\text{-}H) + (Cl\text{-}Cl) - \big(3\,(C\text{-}H) + (C\text{-}Cl) + (H\text{-}Cl)\big)$

$\Delta H = 4(413) + (242) - \big(3(413) + (327) + (413)\big)$

$= -103$ kJ

المثالُ 5

يتفاعلُ النيتروجينُ مع الأكسجينِ مكونًا أكسيدَ النيتروجينِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$

باستخدامِ الجدولِ (3) الذي يمثلُ طاقاتِ الروابطِ؛ أحسبُ التغيرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

تحليلُ السؤالِ:

ألاحظُ أنَّهُ في الموادِّ المتفاعلةِ يوجدُ جزيءُ (N_2) الذي يحتوي على رابطةٍ ثلاثيةٍ بينَ ذرتَيِ النيتروجينِ (N≡N) بالإضافةِ إلى جزيئَيْنِ منَ الأكسجينِ، يحوي كلٌّ منهُما رابطةً ثنائيةً بينَ ذرتَيِ 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:

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$= 1 \times (N \equiv N) + 2 \times (O = O) - (2 \times (N{=}O) + 2 \times (N - O)$$

$$= 1 \times 945 + 2 \times 498 - (2 \times 607) + (2 \times 201)$$

$$= 1941 - 1616 = +325 \text{ kJ}$$

ألاحظُ 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 المعادلةِ الآتيةِ:

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

2) تحلُّلُ الماءِ وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

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

2) :تحليل السؤال (المعطيات):

المواد المتفاعلة:

هناك جزيئان (H_2O) كل جزيء منها يحتوي على رابطتين (O-H) أي أن هناك أربع روابط (O-H)

المواد الناتجة:

يوجد جزيئان H_2 كل جزي يحتوي على رابطة (H-H)، أي أن هناك رابطتين (H-H).

ورابطة (O=O) في المركب O_2.

الحل:

$\Delta H = \sum BE_{pr} - \sum BE_{re}$

$\Delta H = 4(O\text{-}H) - \big(2(H\text{-}H) + (O{=}O)\big)$

$\Delta H = 2(464) - \big(2(436) + (494)\big) = 490$ kJ

قانونُ هيس Hess's Law

يحدثُ 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 الغرافيتُ (C) معَ الأكسجينِ لتكوينِ أولِ أكسيدِ الكربونِ كما في المعادلةِ الآتيةِ:

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

عندَ إجراءِ التفاعلِ، 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 بها كما يأتي:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\ kJ \quad \text{.....} \quad (1$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\ kJ \quad \text{.....} \quad (2$$

باستخدامِ المعادلتيْنِ (1،2) 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 في (2) للتخلصِ منَ الكسرِ في المعادلةِ؛ لتصبحَ على النحوِ الآتي:

$$2CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +566\ kJ \quad \text{.....} \quad (3$$

المناقشة:

- أطرح 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؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، أبيِّن 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 أوضِّح لهم قانون هيس، وأكتب نص القانون على اللوح، «التغيُّرَ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ يعتمدُ على طبيعةِ الموادِّ المتفاعلةِ والناتجةِ، وليسَ على مسارِ حدوثِ التفاعلِ.

مثال إضافي

- أناقش مع الطلبة المثال (6)، ثم أطلب اليهم حل المثال الآتي.
- يحترق الكبريت بوجود الأكسجين لتكوين ثالث أكسيد الكبريت وفق المعادلة الآتية:

$$2S_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)}$$

- أستخدم 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:

أوجِّه طلبتي إلى ملاحظة 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 على مولين من المركب SO_2 في حين إن المعادلة الأولى تحتوي على مول واحد منه فإننا نضرب المعادلة الأولى بـ (2) وكذلك (ΔH) لتصبح كما يأتي:

$$2S_{(S)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H = -592\ kJ \quad (4)$$

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:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، وأناقش معهم مخطط تغير المحتوى الحراري لتفاعل الغرافيت مع الأكسجين.

طريقة أخرى للتدريس | **قانون هيس**

- أطلب إلى الطلبة قراءة قانون هيس بشكل متمعن أربع دقائق.
- أطلب إلى كل طالب انتقاء زميل له، وأطلب إليهما مناقشة الأفكار التي توصل كل منهما إليها حول قانون هيس لمدة خمس دقائق. أدير نقاشًا بين مجموعات الطلبة حول ما توصلوا اليه بحيث تشارك كل مجموعة باقي المجموعات أفكارها.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية أو عروض تقديمية على حساب تغيرات المحتوى الحراري باستخدام قانون هيس، أو يمكنني إعداد عروض تقديمية لحلول بعض المسائل الحسابية لقانون هيس. أشارك الطلبة هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو أية وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

يصبحُ لدينا المعادلتانِ على النحوِ الآتي:

$$2CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +566\ kJ \quad \ldots\ldots (3$$

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\ kJ \quad \ldots\ldots (1$$

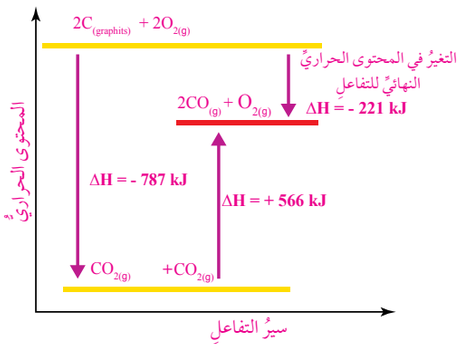
ألاحظُ أنَّ المركبَ (CO_2) لا يُظهرُ في معادلةِ التفاعلِ المطلوبِ حسابَ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ لهُ، لذلكَ يجبُ التخلصُ منهُ عندَ جمعِ المعادلتيْنِ، وعليهِ، يجبُ أنْ تكونَ أعدادُ مولاتهِ متساويةً في المعادلتيْنِ لأتمكّنَ من اختصارهِ، فأضربُ المعادلةَ (1) في (2)، وأجمعُ المعادلتيْنِ (1) و (3) معَ مراعاةِ اختصارِ الصيغِ المتماثلةِ على جانبَيْ المعادلتيْنِ، وأحصلُ على صافي المعادلةِ الكليةِ للتفاعلِ ومقدارِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ كما يأتي:

$$2\cancel{CO_{2(g)}} \rightarrow 2CO_{(g)} + \cancel{O_{2(g)}} \quad \Delta H = +566\ kJ \quad \ldots\ldots (3$$

$$2C_{(s)} + \cancel{2}\cancel{O_{2(g)}} \rightarrow \cancel{2}\cancel{CO_{2(g)}} \quad \Delta H = -787\ kJ \quad \ldots\ldots (1$$

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} \quad \Delta H = -221\ kJ$$

وهكذا يمكنُ حسابُ حرارةِ التفاعلِ أوِ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ باستخدامِ قانونِ هيس، ويبينُ الشكلُ (11) مخططَ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ لتفاعلِ الغرافيتِ معَ الأكسجينِ.



الشكلُ (11): مخططُ تغيرِ المحتوى الحراريِّ لتفاعلِ الكربونِ معَ الأكسجينِ.

إضاءة للمعلم/للمعلمة

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.

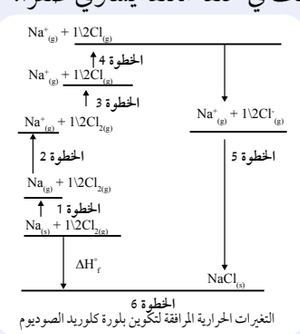
الخطوة (3): تكوين ذرات الكلور الغازية من جزيء الكلور وحرارة تكوينها.

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.

- 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.



التغيرات الحرارية المرافقة لتكوين بلورة كلوريد الصوديوم

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):

ألاحظُ أنَّ المعادلةَ المطلوبةَ لا تتضمنُ المركبَ HCl في الموادِّ الناتجةِ، وإنما يوجدُ في الموادِّ المتفاعلةِ؛ لذلكَ أعكسُ المعادلةَ (1)، وأعكسُ 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 على (4) مولاتٍ منْ HCl، في حينِ أنَّ المعادلةَ (3) تحتوي على موليْنِ منهُ؛ فإنني أضربُ المعادلةَ (3) وقيمةَ (ΔH) بـِ (2)، وتصبحُ المعادلةُ كما يأتي:

$$4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \quad \Delta H = +370\ kJ \quad \ldots\ldots (4$$

أجمعُ المعادلتيْنِ (2,4) وقيمَ (ΔH) لهُما؛ لأحصلَ 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

أوجِّه 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

- أناقش الطلبة في المثال (7)، ثم أبيِّن لهم أهمية قانون هيس وأناقش معهم تحول الماس إلى الغرافيت:
- يعد الماس والغرافيت شكلين من أشكال الكربون، حيث إن الغرافيت هو الشكل الأكثر ثباتًا للكربون، علمًا بأن عملية تحول الماس إلى الغرافيت 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 والغرافيت 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 الغرافيت؛ 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 الغرافيت.

◄ المناقشة:

● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تحسب حرارة التفاعل وفق قانون هيس؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيّن 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:

حرارة التكوين القياسية

● أطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بحرارة التكوين القياسية؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوضّح 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).

● وأوضّح لهم ذلك من خلال معادلة تكوين مول من الماء من الأكسجين والهيدروجين في الظروف القياسية. ثم أوضّح لهم المقصود بالظروف القياسية.

نشاط سريع

● أكتب المعادلات الأربع الآتية على اللوح، وأطلب إلى الطلبة تحديد أيها يتوافق مع مفهوم حرارة التكوين القياسية، وتسويغ إجاباتهم بأسباب منطقية صحيحة:

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)}$$

$$2C_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$$

$$S_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

الإجابة: المعادلات على الترتيب:

لا تنطبق؛ لأن الأكسجين المتفاعل نصف مول.

لا تنطبق؛ لأن الهيدروجين المتفاعل مولان اثنان.

لا تنطبق؛ لأنه ينتج مولان من أول أكسيد الكربون من: تفاعل مولين من الكربون مع مول من الأكسجين.

تنطبق؛ لأن مولًا من الكبريت يتفاعل مع مول من الأكسجين؛ لإنتاج مول من أكسيد الكبريت.

يتضحُ منَ المثاليْنِ السابقيْنِ أنَّهُ يمكنُ حسابُ التغيرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ باستخدامِ قانونِ هيس، بحساب 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 منْ 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)،

✓ أتحقَّق:

للتخلص من الأكسجين نضرب المعادلة الأولى بـ (2)، ونعكس المعادلة الثانية ونضربها بـ (3)، ونجمعهما؛ لتصبح المعادلات على النحو الآتي:

$$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)} \qquad \Delta H = -3352 kJ$$

$$3MnO_{2(S)} \longrightarrow 3Mn_{(S)} + 3O_{2(g)} \qquad \Delta H = +1650\ kJ$$

$$4Al_{(S)} + 3MnO_{2(S)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(S)} + 3Mn_{(S)} \quad \Delta H = -1792\ kJ$$

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 بالرمزِ (ΔH°)، الذي يساوي مجموعَ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لجميعِ المركباتِ في التفاعلِ، يُلاحَظُ أنَّ حرارةَ التكوينِ القياسيةَ لمعظمِ المركباتِ الناتجةِ 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، مقيسةً بوحدةِ (كيلو جول/مول)

المادةُ	ΔH°_f	المادةُ	ΔH°_f	المادةُ	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 للمعلم/للمعلمة

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 الجدول:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (4) الذي يبين قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات في الظروف القياسية، وتعرُّف حرارة تكوين القياسية لهذه المركبات، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تستخدم هذه القيم في حساب حرارة التفاعل القياسية للتفاعل؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل يساوي مجموع حرارة التكوين القياسية لجميع المركبات في التفاعل، وأكتب على اللوح العلاقة التي توضح ذلك:

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

أفكّرُ: لأن بعض المركبات مثل (NO_2) و (NO) تكون الطاقة اللازمة لتكسير الروابط بين ذراتها أكبر من الطاقة الناتجة عن تكوينها.

تعزيز: حرارة التكوين

- يلاحظ من الجدول (4) أن معظم المركبات تكون حرارة تكوينها قيمًا سالبة، وهذا يشير إلى أن تكوين هذه المركبات من عناصرها الأولية يجعلها طاردة للحرارة، ما يعني أنها أكثر استقرارًا من المركبات ذات حرارة التكوين الموجبة التي تكون تفاعلات ماصة للحرارة، وكلما زادت كمية الحرارة المنبعثة كان المركب أكثر استقرارًا، وكلما زادت كمية الحرارة الممتصة يكون المركب أقل ثباتًا واستقرارًا.

مثال إضافي

أناقش مع الطلبة المثال (8)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

باستخدام الجدول (4)؛ أحسب 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،

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

$$\Delta H^\circ_f = \left(3(NO_{2(g)}) + (H_2O_{(l)})\right) - \left(2(HNO_{3(aq)}) + (NO_{(g)})\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = (3(+33.9) + (-285.8) - (2(-207.4) + (+90.4)$$

$$= -184.1 - 324.4 = -508.5 \text{ kJ}$$

ويبينُ المثالُ الآتي كيفيةَ حسابِ التغيُّرِ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ باستخدامِ قيمِ حرارةِ التكوينِ:

المثالُ 8

باستخدامِ الجدولِ (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 أجدُ 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 أضربُ 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:

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

أتحقَّقُ:

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)، ألاحظ أن حرارة تكوين عنصر الأكسجين تساوي صفرًا.

$$\Delta H^\circ_f = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$$

$$\Delta H^\circ_f = 4(NH_{3\,(g)}) - \left(4(NO_2) + 6(H_2O_{(g)})\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = 4(-46.1) - \left(4(-207.4) + 6(-241.8)\right)$$

$$\Delta H^\circ_f = -184.4 - (-829.6 - 1450.8) = -184.4 - (-2280.4) = +2096 \text{kJ}$$

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 (890kJ) كما يأتي:

$$CH_{4(l)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -890kJ$$

بالتدقيقِ في المعادلةِ الكيميائيةِ الحراريةِ، أجدُ أنَّ احتراقَ مولٍ منَ الميثانِ (CH_4) حيثُ كتلتُهُ المولية (16 g) احتراقًا تامًّا بوجودِ (2) مولٍ منَ الأكسجينِ ينتجُ ما مقدارُهُ (890kJ) منَ الحرارةِ، ويعني ذلكَ أنَّه ينتجُ منَ احتراقِ مولَيْنِ منَ الميثانِ كتلتُهما (32 g) ما مقدارُهُ ($890 \times 2 = 1780kJ$)، وعليه، 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:

$$CH_{4(l)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -890kJ$$

فإذا احترقَ (128 g) منَ الميثانِ بوجودِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأكسجينِ، فأحسبُ كميةَ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للميثانِ تساوي (16 g/mol).

تحليلُ السؤالِ: المعطياتُ

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الموزونةِ أجدُ أنَّ احتراقَ مولٍ منَ الميثانِ (CH_4) ينتجُ (890 kJ)، ولأنَّ المطلوبَ حسابُ كميةِ الحرارةِ الناتجةِ منِ احتراقِ (128 g) منَ الميثانِ، فإنّني أحوِّلُ هذهِ الكتلةَ إلى مولاتٍ كما يأتي:

المناقشة:

- أوجِّه 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؟

أستمع لإجابات الطلبة وناقشهم فيها، ثم أبيِّن 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.

المناقشة:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة معادلة احتراق الميثان وإجابة السؤال الآتي:

- إلى ماذا يشير التغير في المحتوى الحراري المرافق للتفاعل؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأوضِّح أن احتراق مول من الميثان يستهلك مولين من الأكسجين، وينتج مولًا من ثاني أكسيد الكربون ومولين من الماء، ويرافق هذه العملية إنتاج (882 kJ) وأبيِّن لهم أن احتراق مولين من الميثان سوف ينتج ضعف هذه الكمية من الحرارة، واحتراق 3 مول منه ينتج ثلاثة أضعاف هذه الكمية، ثم أبيِّن لهم أنَّه يمكن استخدام المعادلة الموزونة لحساب كمية الحرارة المرافقة لتفاعل أية كميات من المواد المتفاعلة. ولتوضيح ذلك أذكِّر الطلبة بالحسابات الكيميائية.

مثال إضافي

- أناقش مع الطلبة المثال (9)، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

ينتج غاز أكسيد الكبريت SO_3(VI) من احتراق الكبريت بوجود الأكسجين؛ وفق المعادلة الآتية:

$$2S_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -792 \text{ kJ}$$

أحسب 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

أناقش مع الطلبة المثال (10) وأبيّن لهم أنه يمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لتفاعل أو تحلل كمية معينة من مادة ما يجري حسابها بالطريقة نفسها التي تُحسب بها كمية الحرارة الناتجة عن حرق كمية من مادة ما أو تفاعلها. ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

يتفاعل غاز الأمونيا مع الفلور؛ وفق المعادلة الآتية:

$$NH_{3(g)} + 3F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} + 3HF_{(g)} \quad \Delta H = -881\ kJ$$

أحسب 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:

$$q = x \times \Delta H = 2 \times (-881) = -1762\ kJ$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{128}{16} = 8\ mol$$

ثمَّ علَيَّ حسابُ النسبةِ المولية للمادةِ (CH_4) بقسمةِ عددِ مولاتها في التفاعلِ (n_r) على عددِ مولاتِها في المعادلةِ (n_e).

$$\frac{n_r}{n_e} = \frac{8}{1} = 8$$

ثمَّ أحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ (q) منها بضربِ النسبةِ المولية في كميةِ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ (ΔH).

$$q = 8 \times \Delta H = 8 \times 890 = 7120\ kJ$$

المثالُ 10

يُحضَّرُ أكسيدُ الكالسيوم CaO منْ تحللِ كربوناتِ الكالسيوم $CaCO_3$ بالحرارةِ؛ وفقَ المعادلةِ الحراريةِ الآتيةِ:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad \Delta H = 178\ kJ$$

أحسبُ كميةَ الحرارةِ اللازمةَ لتحليلِ (150 g) منْ كربوناتِ الكالسيومِ بشكلٍ كاملٍ؛ علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية لكربوناتِ الكالسيومِ تساوي (100 g/mol).

تحليلُ السؤالِ: المعطياتُ

بالرجوعِ إلى المعادلةِ الموزونةِ أجدُ أنَّ تحللَ مولٍ كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$ يُنتجُ (178 kJ) وحيثُ إنَّ المطلوبَ حسابُ كميةِ الحرارةِ اللازمةِ لتحللِ (150 g) منْ كربوناتِ الكالسيومِ $CaCO_3$ فإنّني أحوِّلُ هذهِ الكتلةَ إلى مولاتٍ كما يأتي:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{150}{100} = 1.5\ mol$$

ثمَّ أحسبُ النسبةَ المولية للمادةِ ($CaCO_3$) بقسمةِ عددِ مولاتِ المادةِ (n_r) على عددِ مولاتِها في المعادلةِ (n_e).

$$\frac{n_r}{n_e} = \frac{1.5}{1} = 1.5$$

ثمَّ أحسبُ كميةَ الحرارةِ الناتجةِ (q) منها بضربِ النسبةِ المولية في كميةِ الحرارةِ المرافقةِ للتفاعلِ(ΔH).

$$q = 1.5 \times \Delta H = 1.5 \times 178 = 267\ kJ$$

معلومة إضافية

تحولات الطاقة

تعبِّر 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:

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{0.74}{2} = 0.37$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.37 \times (-940) = -347.8\ kJ$$

✓ 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 الناتجةَ عندَ احتراقِ كميةٍ كافيةٍ منَ الأمونيا لإنتاجِ (200 g) منْ أكسيدِ النيتروجينِ (NO)، علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية لأكسيدِ النيتروجينِ (NO) تساوي (30g/mol).

2) يحترقُ الإيثانولُ السائلُ (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 (30 g) 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**: تعدُّ تفاعلاتُ احتراقِ الوقودِ تفاعلاتٍ طاردةً للحرارةِ.

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** حرارة التفاعل الآتي، باستخدامِ جدولِ قيمِ التكوينِ القياسيةِ:

$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

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 أُنتِجَ 20 g 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:

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{6.66}{4} = 1.66$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 1.66\ (-904.6) = -1501.64\ kJ$$

2) نحسب عدد مولات الايثانول :

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{30g}{46g\backslash mol} = 0.65\ mol$$

نحسب النسبة المولية:

$$x = \frac{n_r}{n_e} = \frac{0.65}{1} = 0.65$$

نحسب كمية الحرارة الناتجة:

$$q = x \times \Delta H = 0.65\ (-1368) = -889.2\ kJ$$

الهيدروجين باعتباره وقودًا
Hydrogen as Fuel

المناقشة:

- أوجِّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– من أين تحصل المركبات الفضائية والغواصات على الطاقة اللازمة لتشغيلها؟

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن مصدر الطاقة في هذه المركبات، والغواصات، وبعض المستشفيات الكبرى، والمنشآت الضخمة يعتمد على خلايا الوقود في الحصول على الطاقة اللازمة لها.

- ثم أوجِّه اليهم السؤال الآتي:

– ما مصدر الطاقة في هذه الخلايا؟

أتقبَّل إجابات الطلبة، وأبيِّن لهم أن احتراق الهيدروجين يعد مصدر الطاقة في هذه الخلايا.

قراءة الجداول:

- أوجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (5)، وأطلب إليهم المقارنة بين كميات الطاقة الناتجة عن حرق غرام من أنواع مختلفة من الوقود، ثم أوجِّه إليهم السؤال الآتي:

– أي أنواع هذه الوقود له قيمة حرارية أعلى؟

أستمع إلى إجابات، وأبيِّن لهم أن الهيدروجين له أعلى قيمة حرارية؛ إذ إن غرامًا واحدًا منه ينتج كمية أكبر من الطاقة؛ مقارنة بأنواع الوقود الأخرى في الجدول.

- ثم أوجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (6)، وأطلب إليهم تحديد ميزات استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا للسيارات، وعيوبه.

أستمع إلى إجابات الطلبة، وأناقشهم في مزايا استخدام الهيدروجين باعتباره وقودًا في السيارات.

الهيدروجينُ 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 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 منِ احتراقِ غرامٍ واحدٍ لعددٍ منْ أنواعِ الوقودِ المختلفةِ.

الجدول (5): كميةُ الطاقةِ الناتجةِ منِ 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 كونَهُ وقودَ احتراقٍ، وعيوبَهُ في السياراتِ:

الجدول (6): مزايا استخدامِ الهيدروجينِ وقودَ احتراقٍ في السياراتِ، وعيوبُ ذلكَ الاستخدامِ

مزايا استخدامِ الهيدروجينِ	عيوبُ استخدامِ الهيدروجينِ
إنتاجُ كميةٍ كبيرةٍ منَ الطاقةِ لكلِّ غرامٍ مقارنةً بأنواعِ 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.

أبحث مستعينًا بالكلماتِ المفتاحيةِ الآتيةِ: (خليةُ الهيدروجينِ، الهيدروجينُ وقودًا، كيفيةُ عملِ خليةِ الهيدروجينِ) عنْ كيفيةِ عملِ خليةِ الهيدروجينِ في إنتاجِ الطاقةِ، وأكتبُ تقريرًا بذلكَ، وأناقشهُ معَ زملائي/ زميلاتي، أوْ أصممُ عرضًا تقديميًّا، وأعرضهُ عليهمْ.

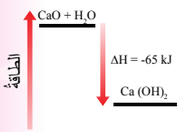
أبحث أوجِّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية الآتية: خلية الهيدروجين، الهيدروجين باعتباره وقودًا، كيفية عمل خلية الهيدروجين، ثم كتابة تقرير، أو إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، ثم أناقشهم فيه.

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 أكسيدِ الكالسيومِ معَ الماءِ لإنتاجِ هيدروكسيد 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 (90 kJ)، وللموادِّ المتفاعلةِ (10 kJ)، فكمْ يكونُ التغيُّرُ في المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ؟ وما إشارتهُ؟

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. $CaO + H_2O \rightarrow Ca + 65\ kJ$

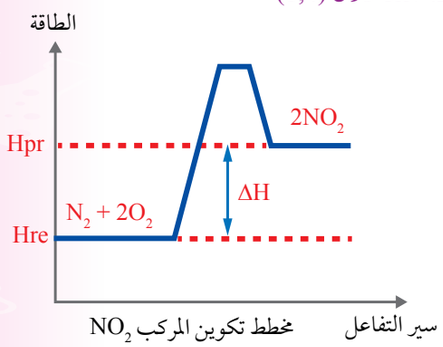
3 أ . التفاعلات الطاردة للطاقة: (1,4)

التفاعلات الماصة للطاقة: (2,3)

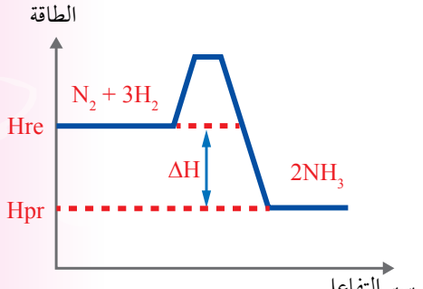
ب. ΔH تكون قيمة سالبة للتفاعلين (1,4)

جـ. التفاعلان (1,4)

د.



مخطط تكون المركب NO_2



مخطط تكون المركب NH_3

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 للتبخر.

5

$\Delta H = Hpr - Hre$

$\Delta H = 90\ kJ - 10\ kJ = +\ 80\ kJ$

مراجعة الوحدة

6 أ . قياس كتلة المصباح ومكوناته قبل عملية الاحتراق وبعده وإيجاد فرق الكتلة الذي يمثل كمية الوقود المحترقة.

ب. الإيثانول: 29.1 ، البرافين: 33.3

بنتان: 25.3 ، اوكتان: 40

جـ. أوكتان

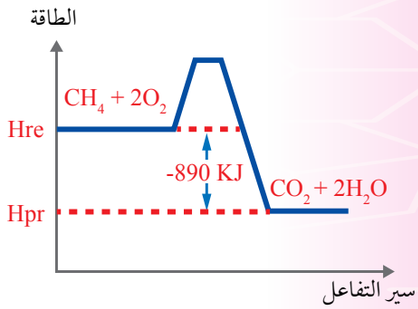
د. يتوقع أن يكون حوالي (10°C) أي نصف الارتفاع في درجة الحرارة، وذلك لأن كمية الحرارة الناتجة نفسها تتوزع على كمية من الماء تساوي ضعف الكمية المستخدمة في التجربة الأساسية.

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 . $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + 890\ kJ$

ب.



8 أوجِّه طلبتي إلى ملاحظة أن كمية الحرارة التي يمتصها الماء تساوي كمية الحرارة التي تفقدها قطعة الألمنيوم، أي أن:

$$q(H_2O) = -q(Al)$$

$$m \cdot s \cdot \Delta t = -(m \cdot s \cdot \Delta t)$$

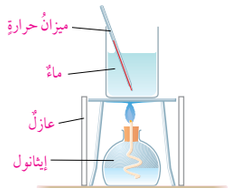
$$40 \times 4.18\ (t_2 - 25) = -(25 \times 0.89\ (t_2 - 60)$$

$$167.2\ t_2 - 4180 = -22.25\ t_2 + 1335$$

$$167.2\ t_2 + 22.25\ t_2 = 1335 + 4180$$

$$t_2 = \frac{5520}{189.45} = 29°C$$

6. نفذَ مجموعةٌ منَ الطلبة تجربةً لقياسِ الطاقةِ المنبعثةِ منْ حرقِ أنواعٍ مختلفةٍ منَ الوقودِ السائلِ في المشعلِ، بتسخينِ (200 mL) منَ الماءِ في وعاءٍ معدنيٍّ، وقدْ حصلوا على النتائجِ الآتيةِ المبينةِ في الجدولِ، أدرسُ هذهِ النتائجَ، وأجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



قياسُ الحرارةِ الناتجةِ منِ احتراقِ الوقودِ.

اسمُ الوقودِ	كتلةُ الوقودِ المحترقةُ (g)	الارتفاعُ في درجةِ حرارةِ الماءِ في علبةٍ معدنيةٍ	ارتفاعُ درجةِ حرارةِ الماءِ لكلّ 1 g منَ الوقودِ المحترقِ
الإيثانولُ	1.1	32	
البارافينُ	0.9	30	
بنتانُ	1.5	38	
أوكتانُ	0.5	20	

أ . من وجهةِ نظرك، كيفَ توصلَ الطلبةُ إلى حسابِ مقدارِ الوقودِ الذي حُرِقَ في كلّ تجربةٍ؟

ب. أكملُ العمودَ الأخيرَ منَ الجدولِ بحسابِ الارتفاعِ في درجةِ حرارةِ الماءِ الناتجِ منْ حرقِ 1 g منَ الوقودِ .

جـ. ما الوقودُ الذي أنتجَ أعلى ارتفاعٍ في درجةِ الحرارةِ لكلّ 1 g تمَّ حرقهُ؟

د . **أصفُ:** إذا تكررتْ تجربةُ الأوكتانِ باستخدامِ (400 mL) 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 بدلًا 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 منْ ذلكَ كميةٌ منَ الحرارةِ مقدارُها (890 kJ).

أ . أكتبُ معادلةً كيميائيةً حراريةً تعبّرُ عنِ التفاعلِ.

ب.**أرسمُ مخططًا** يبينُ تغيُّرَ المحتوى الحراريِّ للتفاعلِ.

8. وعاءٌ يحتوي على (40 g) منَ الماءِ درجةُ حرارتِه (حرارةِ الماءِ) (25°C)، **أحسبُ** درجةَ حرارةِ الماءِ النهائيةَ؛ إذا وُضِعَتْ فيهِ قطعةٌ منَ الألمنيومِ كتلتُها (25 g) ودرجةُ حرارتِها (60°C).

9. **أحسبُ** الحرارةَ النوعيةَ لمعدنٍ مجهولٍ، إذا وُضِعَتْ قطعةٌ منهُ كتلتُها (20 g)، ودرجةُ حرارتِها (70°C)، في (40 g) 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 (15 g) منْ (22°C) إلى (60°C).

11. **أحسبُ** حرارةَ التفاعلِ (ΔH) باستخدامِ طاقةِ الروابطِ للتفاعلَيْنِ الآتيَيْنِ:

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

12. الهيدرازينُ السائلُ (N_2H_4) هوَ أحدُ أنواعِ الوقودِ المستخدمِ في المركباتِ الفضائيةِ، **أحسبُ** حرارةَ التفاعلِ الناتجةَ منْ تكوينِ الهيدرازين وفقَ المعادلةِ الآتيةِ:

$$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)}$$

علمًا بأنَّ:

$$N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -622kJ$$
$$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286kJ$$

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 منِ احتراقِ (29.5 g) منهُ، علمًا أنَّ الكتلةَ المولية لكبريتيد الهيدروجين = 34 g/mol.

يحترقُ الغلوكوزُ 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 يحتاجُ إليها لاعبُ كرةِ سلةٍ خلالَ الساعةِ التدريبيةِ الواحدةِ تساوي (2100 kJ)، **فأحسبُ** أقلَّ كتلةٍ منَ السكرِ يتمُّ حرقُها؛ إذا تدربَ اللاعبُ ساعتيْنِ، علمًا بأنَّ الكتلةَ المولية للغلوكوز = (180 g/mol).

يحتاج اللاعب في كل ساعة 2100 kJ، ويحتاج في الساعتين 4200kJ، وحسب المعادلة فإن:

$1mol\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2820\ kJ$

$X\ mol \longrightarrow 4200\ kJ$

$$x = \frac{4200kJ}{2820kJ} \times 1\ mol = 1.489\ mol$$

$$m = n \times Mr = 1.489\ mol \times 180\ g\backslash mol$$

$$m = 268g$$

9 درجة الحرارة النهائية = درجة الحرارة النهائية للماء

درجة الحرارة النهائية = 28°C

$\Delta t(m) = 70 - 28.5 = 41.5°C$

$q(w) = -\ q\ (m)$

$m\ .\ s\ .\ \Delta t = -\ (\ m\ .\ s\ .\ \Delta t)$

$40 \times 4.18 \times 3.5 = -\ (20 \times s \times (-41.5))$

$585.2 = 830\ s$

$s = 0.7\ J\backslash g°C$

10

$\Delta t = 60 - 22 = 38°C$

$q = m\ .s\ .\ \Delta t = 15 \times 0.38 \times 38 = 722\ kJ$

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:

$N_2 + 2H_2O \rightarrow N_2H_4 + O_2 \qquad \Delta H = +\ 622\ kJ$

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad \Delta H = -\ 572\ kJ$

$N_2 + 2H_2 \longrightarrow N_2H_4 \qquad \Delta H = +50\ kJ$

13

$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f\,(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f\,(re)}$

$\Delta H^\circ = \left(4\Delta H^\circ_f(CCl_{4(l)}) + 4\Delta H^\circ_f(HCl_{(g)})\right) - \Delta H^\circ_f(CH_{4(g)})$

$\Delta H^\circ = 4(-139) + 4(-92.3) - (74.8) = -433.4\ kJ$

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

رقم الفقرة	رمز الإجابة
1	جـ
2	ب
3	د
4	ب
5	جـ

15. 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 1 g منَ المادةِ درجةً واحدةً سلسيوس تشيرُ إلى:

أ . التغيرِ في المحتوى الحراريِّ.

ب.المحتوى الحراريِّ للمادةِ.

جـ.السعةِ الحراريةِ.

د . الحرارةِ النوعيةِ.

4 . تشيرُ حرارةُ التفاعلِ الناتجِ منْ 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. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$
4. Mg% = 6/40 = 15%

ومنها يمكن استنتاج النسبة المئوية لعنصر الأكسجين:

O% = 100% - 15% = 85%

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية

السؤال الأول:

النموذج الأول: تفاعل اتحاد؛ لأنه تنتج عن تفاعل المادتين مادة واحدة.

النموذج الثاني: تفاعل تحلل؛ لأنه يُنتج مادتين من تحلل مادة واحدة.

النموذج الثالث: تفاعل إحلال أحادي؛ لأنه يحل عنصر محل عنصر آخر.

السؤال الثاني:

ينص قانون حفظ الكتلة على أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة؛ وبهذا فإن عدد ذرات المواد المتفاعلة ونوعها يماثل عدد ذرات المواد الناتجة ونوعها. ويلاحظ من المعادلة أنه يتفاعل جزيئان من الهيدروجين (4 ذرات) مع جزيء من الأكسجين (أي مع ذرتين) فيَنتج جزيئان من الماء يحتوي كل جزيء منهما على ذرة أكسجين، وذرتي هيدروجين. وبهذا فإنّ عدد الذرات المتفاعلة ونوعها نفسه في المادة الناتجة.

السؤال الثالث:

أ - غاز الأكسجين.

ب- غازا الأكسجين والنيتروجين.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية في كتاب الأنشطة والتجارب العملية الوحدة الخامسة:

إجابات أسئلة التجربة الإثرائية:

التحليل والاستنتاج:

1. ينتج الماء ومحلول ملح كلوريد الصوديوم، كما في المعادلة:

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

2. معادلة التعادل:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

أستنتج أن الماء ينتج من تعادل الأيونات الموجودة في المحلول مباشرةً.

3. أحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل.

لحساب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل؛ يمكن تطبيق النتائج في العلاقة الآتية:

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

حيث:

m تساوي كتلة المحلول الناتج (الماء الناتج)، ويمكن اعتبارها تساوي حجم المحلول (100g).

S : تمثل الحرارة النوعية للماء، وتساوي (4.18J/g.C).

Δt : التغير في درجة حرارة المحلول.

4. يمكن إيجاد عدد مولات الحمض؛ بمعرفة حجم الحمض V المستخدم في التجربة، وكذلك معلومية تركيزه M، فإنه يمكن تطبيق العلاقة الآتية:

$$n = M \cdot V$$

5. نلاحظ أن كمية الحرارة المحسوبة تمثل كمية الحرارة الناتجة باستخدام الكميات المستخدمة في التجربة، إلّا أن حرارة التفاعل (ΔH) تمثل كمية الحرارة المرافقة لتعادل مولًا من الحمض، ويمكن حسابها باستخدام العلاقة الآتية:

$$\Delta H = \frac{q}{n}$$

6. إن سبب اختلاف القيمة المقيسة عن حرارة التكوين القياسية للماء؛ لأن الماء يتكون من تعادل الأيونات الموجودة في المحلول مباشرة، ولا يدخل في حسابها الطاقة اللازمة.

إجابات أسئلة الاختبارات الدولية

السؤال الأول:

نلاحظ أن طول القضبان الفلزية يشير إلى حرارتها النوعية، وبناءً عليه تكون الإجابات كالآتي:

1. الألمنيوم؛ لأنه كلما زادت الحرارة النوعية زادت كمية الحرارة التي يكتسبها الفلز، وقل الارتفاع في درجة الحرارة.
2. الألمنيوم: لأنه أطول القضبان الفلزية المستخدمة.
3. الرصاص؛ لأن له أقل حرارة نوعية، مما يشير إلى أنه يكتسب كمية قليلة من الحرارة خلال الفترة الزمنية نفسها، وترتفع درجة حرارته أكثر من غيره من القضبان، 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 –

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -325kJ + (-186kJ) = -511\ kJ$$

أولًا- المراجع العربية:

- خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج2، 2009م.
- صالح محمد، وصابر محمد، وعثمان عثمان، **أسس ومبادئ الكيمياء**، ج2، الدار العربية للنشر، 2000م.
- إبراهيم صادق الخطيب، ومصطفى تركي عبيد، **الكيمياء العامة**، عمّان، دار المسيرة للنشر والتوزيع، 2004م.
- جيمس برادي، وجيرارد هيوم ستون، **الكيمياء العامة والمبادئ والبنية**، ج1، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلبي، نيويورك، جون ويلي للنشر، 1992م.
- محمد إسماعيل الدرملي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة؛ ماهيتها، عناصرها**، دار العلم والإيمان، ودار الجديد للنشر والتوزيع، 2018م.
- محمد محمود الحيلة، **طرائق التدريس واستراتيجياته**، ط (4)، العين، دار الكتاب الجامعي، الإمارات العربية المتحدة، 2012م.
- حسام يوسف صالح، **طرائق واستراتيجيات تدريس العلوم**، بغداد، دار الكتب والوثائق الوطنية، 2016م.
- رعد رزوقي، وفاطمة الأمير، ووفاء نجم، وزينب أحمد، **تدريس العلوم واستراتيجياته**، عمّان، دار المسيرة، 2016م.

ثانيًا- المراجع الأجنبية:

- Harper Collins, Collins International GCSE, **Chemistry**, Cambridge UK, 2014.
- Ebbing ,Gammon, **General Chemistry**, 10th Ed, Houghton Mifflin Company, 2011.
- Winter, Mark J, **Chemical Bonding** , Oxford 2004 .
- Stevens Zumdal,**Chemistry**,7th Ed,Boston, NewYork, 2007
- Raymond Change, **Chemistry**, 10th Edition, Singapore,2010.
- Myers, Thomas, Oldham, **Chemistry**, Online Ed, Holt, Rinehart Winston, 2006.
- Brady, Russell, Holum, **Chemistry Matter and its Change**, 3rd Ed, Wiley,2000.
- Brown, A.H., & Green T.D., **The Essentials of Instructional Design**: **Connecting Fundamental Principles with Process and Practice**. Routledge. 2015.

Collins