المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الكيمياء

الصف الحادي عشر 11

الفصل الدراسي الأول

د. نبيل المعلم

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

دليل المُعلِّم

الكيمياء

الصف الحادي عشر

الفصل الدراسي الأول

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود تيسير أحمد الصبيحات

جميلة محمود عطية

منهاجي
متعة التعليم الهادف

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 (2023/4)، تاريـخ 2023/7/11 م، وقـرار مجلس التربيـة والتعليم رقـم (2023/252)، تاريـخ 2023/8/9 م، بدءًا مـن العام الدراسي 2023 / 2024 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2023.
- 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 - 516 - 0

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2023/5/2656)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

دليل المعلم: الكيمياء: الصف الحادي عشر الفصل الدراسي الأول/ المركز الوطني لتطوير المناهج.- عمان: المركز، 2023

(200) ص.

ر.إ.: 2023/5/2656

الواصفات: / الكيمياء/ / دليل المعلم/ / التعليم الثانوي/

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) **1444 هـ – 2023 م**

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحةُ
المقدمة	5
نظرة عامة إلى كتاب الطالب	a
نظرة عامة إلى كتاب الأنشطة والتجارب العملية	e
نظرة عامة إلى دليل المُعلِّم	g
التقويم	i
المهارات	m
استراتيجيات التدريس والأساليب الداعمة لعملية التعلُّم	o
تمايز التدريس والتعلُّم	q
التعليم المدمج	s
الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها	7
الدرس الأول: نظرية تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ	10
الدرس الثاني : الروابط والأفلاك المتداخلة	24
الدرس الثالث : القوى بين الجزيئات	36
مراجعة الوحدة	48
الوحدة الثانية: حالات المادة	51
الدرس الأول: الحالة الغازية	54
الدرس الثاني : الحالة السائلة	79
الدرس الثالث : الحالة الصُلبة	90
مراجعة الوحدة	101

الموضوعُ	الصفحةُ
الوحدة الثالثة: المحاليل	103
الدرس الأول: تصنيف المحاليل	106
الدرس الثاني : تركيز المحاليل	116
الدرس الثالث : خصائص المحاليل	130
مراجعة الوحدة	142
ملحق أوراق العمل	A1
ملحق إجابات كتاب الأنشطة والتجارب العملية	A25
قائمة المراجع	A32

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

جاء هذا الدليل ليكون مُرشِدًا للمُعلِّم في تخطيط دروس العلم وتنفيذها، بوصفه أحد المصادر التي أُعِدَّت وَفق معايير الأداء الرئيسة ومعايير البحث والاستقصاء العلمي التي تساعد على تحقيق أهداف تدريس العلوم المنشودة، مُؤكِّدًا سعي المملكة الأردنية الهاشمية المستمر لأداء رسالتها المُتمثِّلة في مواكبة التطوُّرات العالمية للمناهج على نحوٍ يُلائِم حاجات الطلبة، وبما يُحقِّق معايير تدريس العلوم في المملكة التي تهدف إلى إحداث تطوُّر نوعي في تعليم العلوم وتعلُّمها.

يشتمل هذا الدليل على عرض مُفصَّل لكيفية تخطيط الدروس وتنفيذها بما يناسب قدرات الطلبة، والبيئة المادية الصفية، والأهداف المنشودة، عن طريق مجموعة من العناصر المترابطة التي تُمثِّل جوانب الموقف التعليمي المختلفة.

يُقدِّم الدليل دعمًا مُكثَّفًا للطلبة وفق إطار المنهاج، ويعطي إشارات مرجعية مرتبطة بكتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية؛ تساعد المُعلِّم على الاستفادة القصوى منها كافة، فضلًا عن مجموعة متنوعة من أفكار التدريس يُمكِن الاختيار من بينها.

يُعرَض الدرس في كلٍّ من وحدات الدليل وَفق نموذج تدريسي مُكوَّن من ثلاث مراحل، هي: تقديم الدرس، والتدريس، والتقويم. ويُنفَّذ كلٌّ منها تبعًا لعناصر مُحدَّدة.

يشتمل الدليل على محتوى كتاب الطالب، وإجابات الأسئلة الواردة فيه، وإجابات الأسئلة الواردة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية، إضافة إلى أوراق عمل خاصة بكل وحدة دراسية وإجاباتها.

ونحن إذ نُقدِّم هذا الدليل؛ فإنا نأمل أن يُسهِم في تحقيق أهداف التعلُّم المنشودة، وإبراز قدرات المُعلِّم الإبداعية على وضع البدائل، وإضافة الجديد، وبناء أدوات تقويم ذات معايير جديدة.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

بِنية كتاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

صُمِّمت وحدات كتاب الطالب وفق دورة التعلُّم الخماسية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا. تتضمَّن هذه الدورة ما يأتي:

1 التهيئة Engagement:

إثارة فضول الطلبة الطبيعي ودافعيتهم إلى البحث والاستكشاف، وتنشيط المعرفة السابقة بالموضوع.

أتأمَّلُ الصورة

تتّخذ الجزيئاتُ التي ترتبط ذرّاتُها بروابطَ تساهميّةٍ أشكالًا هندسيّة (فراغيّة) تبعًا لعدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة المحيطة بالذرّة المركزيّة، فكيف تترتّبُ أزواجُ الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة في الجُزَيْء؟ وكيف يتحدّدُ الشكلُ الفراغيّ للجزيء؟

2 الاستكشاف Exploration:

مشاركة الطلبة في الموضوع؛ ممّا يمنحهم فرصةً لبناء فهمهم الخاص. ويجمع الطلبة في هذه المرحلة بيانات مباشرة تتعلق بالمفهوم الذي يدرسونه؛ عن طريق إجراء أنشطة عملية متنوعة وجاذبة، يعتمد بعضها المنحى التكاملي (STEAM) الذي يساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم.

تجربة استهلالية

أشكال الجزيئات

المواد والأدوات: مجموعةُ نماذج الجزيئات (الكراتُ، والوصلاتُ)، فرجار قياس الزاوية، نموذج للجدول الدوريّ.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشادات السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبر والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خطواتُ العمل:

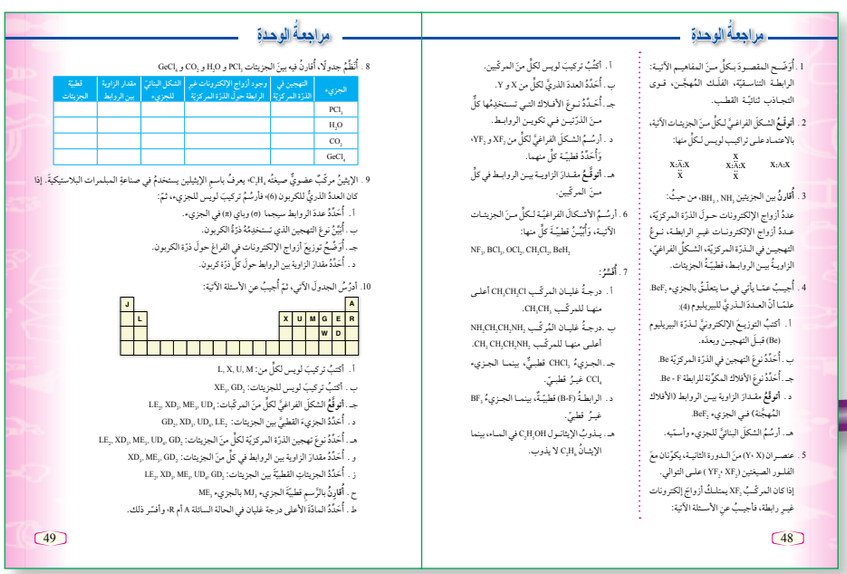
1. **أُصمِّمُ:** أختار كرةً تمثّل ذرّة البيريليوم (ثقبان) وكرتين تمثّلان ذرّتي الكلور (ثقب واحد) ووصلتين، وأُصمّمُ شكلًا بنائيًّا لجزيء كلوريد البيريليوم ($BeCl_2$).
2. **أتوقّعُ** الشكلَ الناتج وأرسمه.
3. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.
4. **أُصمِّمُ:** أختارُ كرةً تمثّل ذرّة البورون (ثلاثة ثقوب) وثلاثَ كرات تمثّل ذرّات الكلور وثلاثَ وصلات، وأُصمّمُ شكلًا بنائيًّا لجزيء ثلاثي كلوريد البورون (BCl_3)، وأرسمُ الشكلَ الناتج.
5. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.
6. **أُصمِّمُ:** أختارُ كرةً تمثّل ذرّة الكربون (أربعة ثقوب) وأربعَ كرات تمثّل ذرّات الهيدروجين وأربعَ وصلات، وأُصمّمُ شكلًا بنائيًّا لجزيء الميثان (CH_4)، وأرسمُ الشكلَ الناتج.
7. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.
8. **أُسجّلُ البيانات،** أُدوّنُ شكلَ الجزيء، والزاويةَ بين الروابط.

التحليلُ والاستنتاج:

1- أُحدّدُ أسماءَ الأشكال الناتجة لكلّ جزيء.
2- أُحدّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلّ جزيء.
3- أستنتجُ العلاقةَ بين عدد الروابط في الجزيء، ومقدارَ الزاوية بينها.

5 التقويم Evaluation:

التحقُّق من تعلُّم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنحي فرصةً لتعرُّف نقاط القوة والضعف لدى طلبته.



مراجعةُ الوحدة

1. أوضّح المقصودَ بكلٍّ مِنَ المفاهيم الآتية: الرابطة التناسقية، القَلَك المُهجَّن، قوى التجاذب ثنائية القطب.
2. أتوقّعُ الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ مِنَ الجزيئات الآتية، بالاعتماد على تراكيب لويس لكلٍّ منها:

X_2AX $X_2\ddot{A}X$ $X_2\ddot{A}X$
X X X

3. أُقارنُ بين الجزيئين BH_3 ، NH_3 من حيثُ: عددُ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة، عددُ أزواج الإلكترونات غير الرابطة، نوعُ التهجين في الذرّة المركزيّة، الشكلُ الفراغيّ، الزاويةُ بين الروابط، قطبيّةُ الجزيئات.
4. أجيبُ عمّا يأتي في ما يتعلّقُ بالجزيء BeF_2 علمًا أنّ العددَ الذريَّ للبيريليوم (4):
   1. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرّة البيريليوم (Be) قبلَ التهجين وبعده.
   ب. أُحدّدُ نوعَ التهجين في الذرّة المركزيّة Be.
   جـ. أُحدّدُ نوعَ الأفلاك المكوِّنة للرابطة Be - F.
   د. أتوقّعُ مقدارَ الزاوية بين الروابط (الأفلاك المُهجَّنة) في الجزيء BeF_2.
   هـ. أرسمُ الشكلَ البنائيَّ للجزيء، وأسمّيه.
5. عنصران (X، Y) من الدورة الثانية، يكوّنان مع الفلور الصيغتين (XF_2، YF_2) على التوالي. إذا كان المركّبُ XF_2 يمتلكُ أزواجَ إلكترونات غير رابطة، فأجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

مراجعةُ الوحدة

1. أكتبُ تركيبَ لويس لكلٍّ مِنَ المركّبين:
   ب. أُحدّدُ العددَ الذريَّ لكلٍّ من X و Y.
   جـ. أُحدّدُ نوعَ الأفلاك التي تستخدمُها كلٌّ منَ الذرّتين في تكوين الروابط.
   د. أرسمُ الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ من XF_2 و YF_2، وأُحدّدُ قطبيّةَ كلٍّ منهما.
   هـ. أتوقّعُ مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلٍّ منَ المركّبين.
6. أرسمُ الأشكالَ الفراغيّة لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية، وأُبيّنُ قطبيّةَ كلٍّ منها:
   NF_3, BCl_3, OCl_2, CH_2Cl_2, BeH_2
7. أُفسّرُ:
   أ. درجةُ غليان المركّب CH_3CH_2Cl أعلى منها للمركّب CH_3CH_3.
   ب. درجةُ غليان المركّب $NH_2CH_2CH_2NH_2$ أعلى منها للمركّب $CH_3CH_2CH_2NH_2$.
   جـ. الجزيءُ $CHCl_3$ قطبيٌّ، بينما الجزيءُ CCl_4 غيرُ قطبيّ.
   د. الرابطةُ (B-F) قطبيّة، بينما الجزيءُ BF_3 غيرُ قطبيّ.
   هـ. يذوبُ الإيثانول C_2H_5OH في الماء، بينما الإيثانُ C_2H_6 لا يذوب.
8. أنظّمُ جدولًا، أُفرِدُ فيه بيّ الجزيئات PCl_3 و H_2O و CO_2 و $GeCl_4$

الجزيء	التهجين في الذرّة المركزية	وجوه أزواج الإلكترونات غير الرابطة حول الذرّة المركزية	الشكل البنائي للجزيء	مقدار الزاوية بين الروابط	قطبية الجزيئات
PCl_3					
H_2O					
CO_2					
$GeCl_4$					

9. الإيثينُ مركّبٌ عضويٌّ صيغتُه C_2H_4، يعرفُ باسم الإيثيلين يستخدمُ في صناعة البلمرات البلاستيكية. إذا كان العددُ الذريُّ للكربون (6)، فأرسمُ تركيبَ لويس للجزيء، ثمّ:
   1. أُحدّدُ عددَ الروابط سيجما (σ) وباي (π) في الجزيء.
   ب. أُبيّنُ نوعَ التهجين الذي تستخدمُهُ ذرّةُ الكربون.
   جـ. أوضّحُ توزيعَ أزواج الإلكترونات في الفراغ حولَ ذرّة الكربون.
   د. أُحدّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط حولَ كلِّ ذرّة كربون.
10. أتأمّلُ الجدولَ الآتي، ثمّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

J									A
L									R
				X	U	M	G	E	
								W	
								D	

   1. أكتبُ تركيبَ لويس لكلٍّ من: L, X, U, M
   ب. أكتبُ تركيبَ لويس للجزيئات: XE_2, GD_2
   جـ. أتوقّعُ الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ مِنَ المركّبات: LE_2XD_2, ME_2UD_2
   د. أُحدّدُ الجزيءَ القطبيَّ بين الجزيئات: $GD_2XD_2UD_2LE_2$
   هـ. أُحدّدُ نوعَ تهجين الذرّة المركزية لكلٍّ مِنَ الجزيئات: $LE_2XD_2ME_2UD_2GD_2$
   و. أُحدّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلٍّ مِنَ الجزيئات: $XD_2ME_2GD_2$
   ز. أُحدّدُ الجزيئاتِ القطبيّةَ بين الجزيئات: $LE_2XD_2ME_2UD_2GD_2$
   ح. أتوقّعُ بالرسم قطبيّةَ الجزيء ME_2 بالجزيء MJ
   ط. أُحدّدُ المادّةَ الأعلى درجةَ غليان في الحالة السائلة A أم R، وأفسّر ذلك.

3 الشرح والتفسير Explanation:

تقديم محتوى يتسم بالتنوع في أساليب العرض، ويضم عددًا من الصور والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية المرتبطة بالموضوع؛ ممّا يمنح الطلبة فرصةً لبناء المفهوم.

الدرس 1
نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ
Valence Shell Electron Pair Repulsion Theory

الفكرة الرئيسة:
يتحدّد شكلُ الجزيء بعدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بالذرّة المركزيّة، التي تتنافرُ في ما بينها وتترتّبُ متباعدةً عن بعضها أقصى ما يمكن، مع بقاء الذرّات متجاذبةً نحو بعضها في الجُزيء.

نتاجات التعلّم:
- أتوصّلُ إلى المفاهيم الأساسيّة المتعلّقة بالروابط بين الذرّات والجزيئات.
- أوضحُ العلاقة بين أزواج الإلكترونات حول الذرّة المركزيّة والشكل الفراغي للجزيء.

المفاهيم والمصطلحات:
الرابطة التساهميّة Covalent Bond
أزواج الإلكترونات الرابطة Bonding Electrons Pairs
الذرّة المركزيّة Central Atom
أزواج الإلكترونات غير الرابطة Non-Bonding Electrons Pairs
الرابطة التناسقيّة Coordinate Bond
تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ Valence Shell Electron Pair Repulsion (VSEPR)

أزواج الكترونات مستوى التكافؤ
Valence Shell Electrons Pair

درستُ في ما سبق أنّ الإلكتروناتِ تتوزّعُ على مستويات الطاقة المختلفة في الذرّة، وبعضُ هذه الإلكترونات تتوزّعُ في مستوى الطاقة الخارجيّ الذي يسمّى مستوى التكافؤ Valence Shell، وتسمّى هذه الإلكتروناتُ إلكتروناتِ التكافؤ، التي تحدّدُ نوعَ الرابطة التي تكوّنها الذرّةُ عند تفاعلها مع ذرّات أخرى.

الروابطُ التساهميّة والرابطة التناسقية
Covalent Bonds and Coordinate Bond

كثيرٌ من المواد التي تُعدُّ عصبَ الحياة، كالماء وغاز الأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون ترتبط ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة، كما أنّ معظمَ المركّبات الموجودة في أجسامنا وأجسام الكائنات الحيّة الأخرى ترتبطُ ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة. فكيف تتكوّنُ هذه الروابطُ في المركّبات المختلفة؟

يحتوي المستوى الخارجيُّ لذرّات عناصر المجموعات الممثلة من المجموعة الرابعة إلى المجموعة السابعة على عدد منَ الإلكترونات تتجاذبُ نحو النواة بقوّة، وعند ارتباط ذرّتين من هذه العناصر بعضهما بعضًا فإنهما تتشاركان في الإلكترونات، وينشأ بينهما زوجٌ أو أكثرُ من الإلكترونات المشتركة تتجاذبُ نحو نواتي الذرّتين معًا، ويُطلَقُ على قوّة الجذب الناشئة بينهما اسمُ **الرابطة التساهمية Covalent Bond**، فمثلًا، تمتلكُ ذرّةُ الكربون أربعةَ إلكترونات في المستوى الخارجيّ، أمّا ذرّةُ الهيدروجين فتمتلك إلكترونًا واحدًا، وعند ارتباطهما لتكوين جزيء الميثان (CH_4) تشتركُ ذرّةُ الكربون مع كلّ ذرّة هيدروجين بزوج منَ الإلكترونات، ويكون حول ذرّة الكربون أربعة أزواج منَ الإلكترونات المشتركة مع ذرات الهيدروجين، تسمّى **أزواج الإلكترونات الرابطة Bonding Electrons Pairs**، وهي إلكتروناتُ مستوى التكافؤ التي شاركت في تكوين الروابط، وينشأ عن ذلك أربعُ روابطَ تساهميّة أُحاديّة تحيط بذرّة الكربون، التي يُطلَقُ عليها اسمُ **الذرّة المركزية Central Atom**، وهي تلك الذرّةُ الأقل عددًا في الجزيء المتكوّن من أكثر من ذرّتين وتكوّن أكثر من رابطة؛ أي أنها تُحاط بأكبر عدد منَ الروابط في الجزيء، ويوضّح الشكل (1) أزواج الإلكترونات المشتركة المحيطة بذرّة الكربون C في جزيء الميثان CH_4.

الشكل (1): أزواج الإلكترونات المشتركة المحيطة بذرة الكربون C في جزيء الميثان (CH_4)

أمّا في جزيء الأمونيا (NH_3)، فتحتوي ذرّةُ النيتروجين في المستوى الخارجي على (5) إلكترونات، وحتى تصلَ إلى حالة الاستقرار فإنها تشتركُ مع كلّ ذرّة هيدروجين بزوج منَ الإلكترونات ليصبح لديها ثلاثةُ أزواج منَ الإلكترونات المشتركة، كما يتّضحُ من تركيب لويس للجزيء، ومن ثَمّ فإنها تكوّنُ ثلاث روابطَ تساهميّةً أُحاديّةً مع ثلاث ذرّات منَ الهيدروجين، ويبيّنُ الشكلُ (2) أزواجَ الإلكترونات المحيطة بذرّة النيتروجين في جزيء الأمونيا NH_3.

الشكل (2): أزواج الإلكترونات المحيطة بذرة النيتروجين N في جزيء الأمونيا NH_3

يتّضحُ من تركيب لويس أنّ ذرّة النيتروجين تمثّلُ الذرّة المركزيّة في الأمونيا؛ فهي تُحاط بثلاثة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة، إضافة إلى زوج واحد منَ الإلكترونات لم يشارك في تكوين الروابط يُطلَقُ عليه **زوجُ إلكترونات غير الرابطة Non-Bonding Electrons Pair**، وتعرف أزواج الإلكترونات غير الرابطة أنها أزواجٌ منَ الإلكترونات تظهرُ في مستوى التكافؤ للذرّة المركزيّة لا تشارك في تكوين الروابط.

عرفتُ منَ المثالين السابقين أنّ ذرّتي الكربون والنيتروجين هما ذرّتان مركزيتان، وأنّ كلًّا منهما محاطةٌ بأربعة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة، وهذا يعني أنهما تحققان قاعدةَ الثمانية؛ أي أنّ مجموع الإلكترونات في مستوى التكافؤ يساوي ثمانية، وبهذا يصبحُ تركيبُهما

4 الإثراء والتوسُّع Elaboration:

تزويد الطلبة بخبرات إضافية لإثارة مهارات الاستقصاء لديهم؛ عن طريق إشراكهم في تجارب وأنشطة جديدة تكون أشبه بتحدٍّ يفضي إلى التوسُّع في الموضوع، أو تعميق فهمه.

الإثراءُ والتوسعُ

شاشات العرض (LCD)

تُعدُّ شاشاتُ العرض بأنواعها المتعدّدة مِنَ التِّقْنِيّاتِ الحديثة واسعة الاستخدام من حولنا، مثل شاشات البلّورات السائلة (Liquid Crystal Display (LCD، وشاشات الحاسوب المحمول، والساعات الرَّقْمِيَّة، وأفران الميكروويف، ومشغّلات الأقراص المُدمَجة و...، التي تستخدِمُ ما يُعرف بالبلّورات السائلة (Liquid Crystal)، التي يعتمدُ مبدأُ عملها على قوى التجاذب بين الجزيئات.

وتتميّزُ البلّوراتُ السائلةُ بأنّها تجمعُ بين خصائص المادّتين الصُّلبة والسائلة في الوقت نفسه؛ حيث يمكن لجزيئاتها أن تترتّب وتصطفَّ باتجاهات محدّدة وَفقَ حالة استقطابها وتحافظَ على ترتيبها كما في المواد الصُّلبة، كما يمكنُها الانتقالُ من موقع إلى آخَرَ كما في المواد السائلة، فهي أقربُ إلى المواد السائلة مِنَ المواد الصُّلبة؛ وذلك أنّ قوى التجاذب ثنائيّة القطب بين جزيئاتها ضعيفةٌ نسبيًّا؛ ممّا يتطلّبُ تزويدَ البلّورة بكميّة قليلة مِنَ الطاقة للتغلّب عليها وتحرير جزيئاتها، وهذا يسمحُ لها بالانتقال من موقع إلى آخَرَ كما في السوائل الحقيقيّة.

وتوجدُ البلّوراتُ السائلةُ في عدّة أطوار مختلفة تعتمد على درجة الحرارة وطبيعة الموادّ التي تصنع منها. وبوجه عامّ، تتكوّنُ البلّوراتُ السائلة من جزيئات صُلبة ثنائيّة القطب تتأثّر بالمجال الكهربائيّ كما تتأثّر بالضَّوء، فعند تعرُّضها للضَّوء ترتّبُ جزيئاتها بطريقة معيّنة وَفقَ شدّة الضَّوء وفرق الجهد الكهربائيّ المؤثّر فيها؛ ممّا يسمح للضَّوء بالمرور من خلالها، ومِنْ ثَمَّ تُعرَضُ الألوانُ المختلفة بواسطة الاستقطاب، الذي يحدث لجزيئات البلّورة السائلة والهيكل المحدّد لشاشة (LCD).

أرجع إلى مواقعَ إلكترونيّة مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ في مكوّنات شاشات العرض (LCD) وآليّة عملها، وأكتبُ تقريرًا بذلك، أو أُصمّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، ثمّ أناقشُهُ في الصّف.

عناصر محتوى الدرس:

يشمل الدرس عناصر متنوعة، عُرِضَتْ بتسلسل بنائي واضح؛ ممّا يُسهِّل تعلُّم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

الفكرة الرئيسة:

تتضمَّن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلَّمها الطلبة في أثناء الحصة.

الفكرةُ الرئيسة:

يتحدّد شكلُ الجزيء بعدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بالذرّة المركزيّة، التي تتنافرُ في ما بينها وتترتّبُ متباعدةً عن بعضها أقصى ما يمكن، معَ بقاء الذرّات منجذبةً نحو بعضها في الجُزيء.

شرح محتوى الدرس:

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية، وتنظيم عملية الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة، يتفرَّع منها عناوين ثانوية، وتندرج أحيانًا عناوين فرعية من العناوين الثانوية، وتظهر بألوان مختلفة.

نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ
Valence Shell Electrons Pair Repulsion Theory

أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ
Valence Shell Electrons Pair

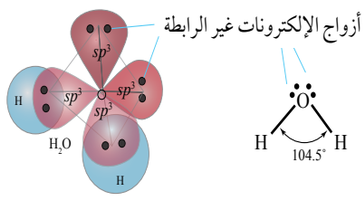
درستُ في ما سبق أنّ الإلكتروناتِ تتوزّعُ على مستويات الطاقة المختلفة في الذرّة، وبعضُ هذه الإلكترونات تتوزّعُ في مستوى الطاقة الخارجيّ الذي يسمّى مستوى التكافؤ Valence Shell، وتسمّى هذه الإلكتروناتُ إلكتروناتِ التكافؤ، التي تحدّدُ نوعَ الرابطة التي تكوّنها الذرّةُ عند تفاعلها معَ ذرّات أُخرى.

الروابطُ التساهميّة والرابطة التناسقيّة
Covalent Bonds and Coordinate Bond

كثيرٌ من الموادِ التي تُعَدُّ عصبَ الحياة، كالماءِ وغازِ الأكسجين وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ ترتبط ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة، كما أنّ معظمَ المركّبات الموجودة في أجسامنا وأجسام الكائنات الحيّة الأُخرى ترتبطُ ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة. فكيف تتكوّن هذه الروابطُ في المركّبات المختلفة؟

الصور والأشكال:

صور واضحة ومتنوعة تُحقِّق الغرض العلمي.



الشكلُ (23):الشكل الفراغي لجزيء الماء H_2O وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة.

- أحدّد أنواع الأفلاك المُكوِّنة للرابطة (O-H).

أسئلة الأشكال:

أسئلة إجاباتها من الصورة؛ لتدريب الطلبة على التحليل.

يحتوي المستوى الخارجيُّ لذرّات عناصر المجموعات الممثلة من المجموعة الرابعة إلى المجموعة السابعة على عدد منَ الإلكترونات تنجذبُ نحو النواة بقوّة، وعند ارتباط ذرّتين من هذه العناصر ببعضهما بعضًا فإنهما تتشاركان في الإلكترونات، وينشأُ بينهما زوجٌ أو أكثرُ منَ الإلكترونات المشتركة تنجذبُ نحو نواتي الذرّتين معًا، ويُطلقُ على قوّة الجذب الناشئة بينهما اسمُ **الرابطة التساهميّة Covalent Bond**؛ فمثلًا، تمتلكُ ذرّةُ الكربون أربعةَ إلكتروناتٍ في المستوى الخارجيّ، أمّا ذرّةُ الهيدروجين فتمتلك إلكترونًا واحدًا، وعند ارتباطهما لتكوين جزيء الميثان (CH_4) تتشاركُ ذرّةُ الكربون معَ كلِّ ذرّة هيدروجين بزوج منَ الإلكترونات، ويكون حول ذرّة الكربون أربعة أزواج منَ الإلكترونات المشتركة معَ ذرات الهيدروجين، تسمّى **أزواجَ الإلكترونات الرابطة Bonding Electrons Pairs**، وهي إلكتروناتُ مستوى التكافؤ

المفاهيم والمصطلحات:

تظهر مظللةً، وبخط غامق؛ للتركيز عليها، وجذب انتباه الطلبة إليها.

التجربة:

خبرات عملية تُكسِب الطلبة مهارات ومعارف متنوعة، بعضها وفق المنحى التكاملي STEAM.

التجربة ١

أزواج الإلكترونات والأشكال الفراغيّة للجزيئات

الموادُّ والأدوات:
مجموعةُ نماذجِ الجزيئاتِ (الكراتُ، والوصلاتُ)، فرجار قياس الزاوية، نموذج للجدول الدوري.

إرشاداتُ السلامة:
- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.
- أستخدم الفرجار بحذر.

خطواتُ العمل:
1- **أُصمّمُ:** بالرجوع إلى جدول أشكال الجزيئات، أختارُ عددًا مناسبًا منَ الكرات مختلفة الحُجوم وعددًا مناسبًا منَ الوصلات، وأصمّمُ شكلًا بنائيًّا لجزيء الإيثان (C_2H_6)، ثمَّ أرسُمُ الشكلَ الناتج.
2- **أقيسُ** مقدارَ الزاويةِ بين الوصلات، ثمَّ أُسجِّلُها.
3- **أُسجِّلُ البيانات:** أدوّنُ عددَ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة.
4- **أتوقّع:** ما الشكلُ الفراغيُّ للجزيء؟
5- أُعيدُ الخطواتِ السابقةَ لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية: NF_3 , H_2O , C_2H_4
6- **أُقارن** بين أشكال الجزيئات وعددِ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة ومقدارِ الزاويةِ بين الروابط.

التحليلُ والاستنتاج:
- **أُفسّرُ** العلاقةَ بين مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء وعددِ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة.
- **أستنتجُ** أثرَ وجود أزواج الإلكترونات غيرِ الرابطة في مقدار الزاوية بين الروابط.

المهارات:

تحدّي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات، لذا؛ فهي تُنّمي قدراتهم على التأمُّل، والتفكير، والاستقصاء؛ لتحقيق مفهوم التعلُّم مدى الحياة.

الربط بـ:

تقديم معلومات بغرض التكامل مع المباحث الأُخرى، أو ربط تعلُّم الطلبة بمجالات الحياة؛ ليصبح تعلُّمهم ذا معنى.

الربط بالتكنولوجيا

تحليلُ رامان الطيفيّ Raman Spectroscopy

يُستخدمُ هذا التحليلُ لتعرُّفِ تركيب المادّة وخصائصها، وهو يعتمدُ على قدرة جُزيئات المادّة على تشتيت الضَّوء؛ حيث يوفّرُ معلوماتٍ حولَ الاهتزازات التي تحدثُ داخلَ الجُزيئات والجُزيئات التي حولَها، وتساعدُ هذه المعلوماتُ على تعرُّفِ البنيةِ الشبكيّة البلورية للمادّة، وأشكالِ الجُزيئات، كما يُستخدمُ في خطِّ عمليّات الإنتاج لمراقبة عمليّات البلورة والكشف عن آليات التفاعل وسِماته الحركيّة. وهناك أنواعٌ متعدّدةٌ مِنَ الأجهزة الحديثة التي تعملُ على تحليل رامان الطيفيّ في مجالات متنوّعة، مثل الصناعاتِ الدوائيّة والصناعات الغذائيّة والأنظمة البصريّة وغيرها.

التعليم المدمج:

إسهام التكنولوجيا الفاعل في تعلُّم العلوم، والمساعدة على استكشاف المفاهيم الجديدة، وتحفيز أدوات التكنولوجيا الطلبة على التأمُّل، والتحليل، والتفكير.

أستخدم برنامجَ صانع الأفلام (Movie Maker)، وأصمم فيلمًا أشرح فيه نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ وأشكال الجزيئات، ثمّ أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.

أُفكّر:

تنمية مهارات التفكير.

أفكّر: يحقّقُ الأُكسجينُ في مركّباته قاعدةَ الثمانية، فما الشكلُ المتوقع لجزيء الأوزون O_3؟ وكيف تترتّبُ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة؟

أسئلة مراجعة الدرس:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة، والمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات.

مراجعةُ الدرس

1- **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضّحُ سببَ اختلاف الأشكال الفراغية للجُزَيئات.
2- أوضّحُ المقصودَ بكلٍّ من: مستوى التكافؤ، الرابطة التناسقيّة، أزواج الإلكترونات غير الرابطة، نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ.
3- أرسمُ تركيبَ لويس والأشكالَ الفراغيّة لكلٍّ منَ الآتية:
أ . ثنائي فلوريد الأُكسجين OF_2.
ب . رباعي كلورو ميثان CCl_4.
جـ. أيون الهيدرونيوم H_3O^+.
4- أُفسِّرُ:

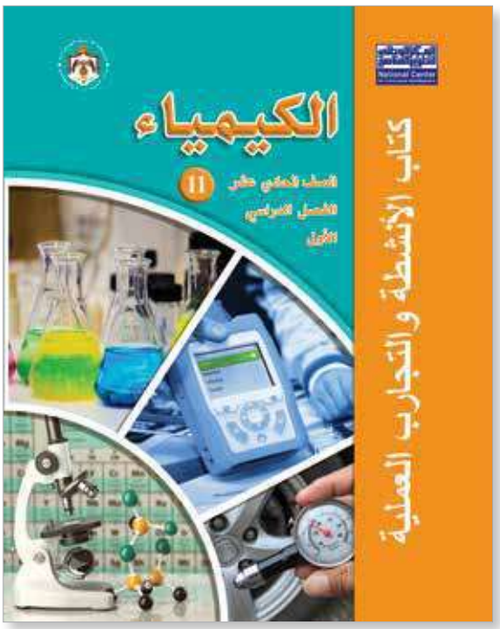
التقويم التكويني:

أسئلة تهدف إلى التحقُّق من مدى فهم الطلبة خلال عملية التعلُّم.

أتحقَّق: ما نوعُ التهجين في الذرّات المركزيّة لكلٍّ منَ الجزيئات (OF_2 , NF_3)؟ ما الشكلُ الفراغيُّ لكلٍّ من هذه الجزيئات؟

بِنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية:

أُفرِد كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتدوين الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي يُنفِّذها الطلبة، وما يتعلَّمونه بصورة رئيسة في الدروس. وهو يتضمَّن توجيهات للطلبة بخصوص ما يجب القيام به، ويُسهِم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة عن تعلُّمهم وأدائهم.



أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجودة في كتاب الطالب:

تتضمَّن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء تنفيذ النشاط. وتشمل خطوات العمل، والأماكن المخصصة لتدوين الملاحظات، والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمَّن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

التجربة 1 قانونُ بويل

الخلفية العلمية:

يُعَدُّ العالِمُ بويل من أوائل العلماء الذين بحثوا في خصائصَ الغازات؛ إذ در
كميّة محدّدة منَ الغاز المحصور والضغط المؤثّر فيه عند ثبات درجة حرارته
أُنبوبًا على شكل حرف (J) مغلقًا من أحد طرفيه، وضع فيه كميّةً منَ الزئبق و
الهواء فيه ثمّ قاسَ حجم الهواء المحصور عند طرفِهِ المغلق، علمًا أنَّ ضغط
جوي (1atm)، كما يظهرُ في الشكل A، ثمّ ضاعف بويل الضغط المؤثّر في
الزئبق (760 mmHg)، ولاحظ أنَّ حجم الغاز المحصور قلَّ إلى النصف، أ
ضاعف الضغط ثلاثَ مرّات بالطريقة السابقة نفسِها لاحظ أنَّ حجم الغاز الم
أنظرُ الشكل C، فتوصَّلَ من ذلك إلى العلاقة بين حجم الغاز المحصور والضغ
درجة حرارته، التي سُمِّيَت قانونَ بويل، وينصُّ على أنَّ: "حجمَ كميّة محدّ
يتناسبُ عكسيًّا معَ الضغط المؤثّر فيه عند ثبات درجة حرارته".

الهدف: أستقصي العلاقةَ بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته.

22 الوحدة 2: حالات المادة.

تجربة استهلالية العلاقةُ بينَ حجمِ الغازِ ودرجةِ حرارتِه عندَ ثباتِ الضغط

الخلفية العلمية:

كان العالِمُ شارل مِنَ المُهتمّين بالمناطيد والبالونات، وهو أوَّلُ مَن استخدمَ غازَ الهيدروجين لملئها، وقد درسَ العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط، وتوصّلَ من تجاربه إلى أنّ: "حجمَ كميّة محدّدة مِنَ الغاز المحصور يتناسبُ تناسبًا طرديًّا معَ درجة حرارته عند ثبات ضغطه".

الهدف: أستكشفُ العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

المواد والأدوات:

بالونان، قلم تخطيط، متر مصنوع من القماش أو الورق، حمّام ثلجيّ، حمّام مائيّ ساخن.

إرشادات السلامة:

- أتّبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خطوات العمل:

1. أُحضرُ بالونين وأنفخُهما وأربطُ فوّهةَ كلٍّ منهما جيّدًا، ثمّ أرسُمُ باستخدام القلم دائرةً على كلٍّ منهما، كما في الشكل .
2. أقيسُ محيط كلٍّ منهما، ثمّ أُسَجِّلُه.
3. أُجَرِّبُ: أضعُ أحدَ البالونين في حمّام ثلجيّ والآخرَ في حمّام مائيّ ساخن مدّة 10 min.
4. أقيسُ: أُخرِجُ البالونَين، وأقيسُ محيطَ كُلٍّ منهما مباشرةً، ثمّ أُسَجِّلُ ملاحظاتي.

20 الوحدة 2: حالات المادة.

التجربة الإثرائيّة

قياسُ درجةِ انصهارِ الكبريت S_8

الخلفية العلمية:

تُعرفُ درجةُ الانصهار بأنّها درجةُ الحرارة التي تتحوّلُ عندها المادّةُ مِنَ الحالة الصُّلبة إلى الحالة السائلة، وهي درجة الحرارة التي تمتلكُ جُسَيمات المادّة عندها ما يكفي مِنَ الطاقة للتغلُّبِ على قوى التجاذب التي تربطها معًا في البلّورة، وهي مِنْ ثوابتِ المادّة الفيزيائيّة التي تميّزُها عن أيّ مادّة أُخرى. وتبلغ درجة انصهار الكبريت 119 °C. وتُعَدُّ درجة الانصهار مقياسًا لدرجة نقاوة المادّة، فالفرقُ بين بداية عمليّة انصهار المادّة النقيّة ونهايتها يكونُ (مدى درجة الانصهار) من 0.5 °C إلى 1.0 °C، بينما يكونُ الفرقُ بينهما كبيرًا في المادة غير النقيّة التي تحتوي على شوائب.

ولتحديد درجة انصهار المادة تُدخَلُ كميّةٌ صغيرة من مسحوقها في أُنبوبة شَعريّة مغلقة من أحد أطرافها، وتُربَطُ مع ميزان الحرارة بحيث تكون عيّنتُها بمحاذاة مستودع زئبق ميزانِ الحرارة، ثمّ تُسَخَّنُ في حمّام زيتيّ (زيت البرافين) ببطء، وتُلاحظُ درجةُ الحرارة التي تبدأ عندها المادّةُ بالانصهار ودرجةُ الحرارة التي يكتملُ عندها انصهارُها.

أمّا استخدامُ زيت البرافين في عمليّة التسخين فيعود إلى أسباب عدّة، منها: ارتفاعُ درجة غليانه (أكبر من 300 °C) مقارنةً مع الماء، وكثافتُهُ أعلى مِنَ الماء، وهو ما يساعد في تسخين المادّة على نحوٍ هادئ، كما أنه شفّافٌ يمكن الرؤيةُ بوضوح من خلاله، وهو مادّةٌ آمنة لا تنتجُ أبخرةً سامّة عند تسخينها، ويتحمّلُ درجاتِ حرارة عالية دون أن يتفكّك، وغيرُ قابل للاشتعال.

الهدف: أستكشفُ درجة انصهار الكبريت S_8.

المواد والأدوات:

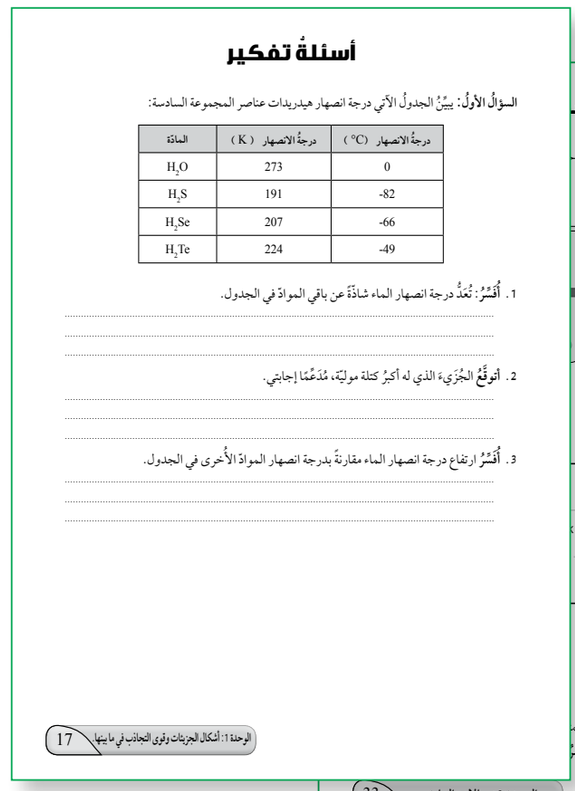
كأس زجاجيّة سَعَةُ (200 mL)، زيت برافين (100 mL)، ساق زجاجيّة للتحريك، ميزان حرارة، أُنبوبة شَعريّة، شريط مطاطيّ صغير، حامل، ماسك، شبكة معدنيّة، لهب بنسن، 5 g مِنَ الكبريت S_8 الصُّلب.

إجراءات السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامةِ العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ والكمامة.
- أحذَرُ من استنشاق الموادّ العضويّة على نحوٍ مباشر.
- أسخّنُ الزيتَ على نار هادئة حتى لا يغلي.

التجارب الإثرائية:

يشتمل كتاب الأنشطة والتجارب العملية على تجارب إثرائية؛ منها ما يُعمِّق فهم الطلبة لموضوع الدرس، ومنها ما يمنحهم فرصة التوسُّع في المعرفة بموضوع ما.



أسئلةُ تفكير

السؤالُ الأولُ: بيّنُ الجدولُ الآتي درجة انصهار هيدريدات عناصر المجموعة السادسة:

المادة	درجةُ الانصهار (K)	درجةُ الانصهار (°C)
H_2O	273	0
H_2S	191	-82
H_2Se	207	-66
H_2Te	224	-49

1. **أُفَسِّرُ:** تُعَدُّ درجة انصهار الماء شاذّةً عن باقي الموادّ في الجدول.

2. **أتوقَّعُ** الجُزَيءَ الذي له أكبرُ كتلة مولية، مُدَعِّمًا إجابتي.

3. **أُفَسِّرُ** ارتفاع درجة انصهار الماء مقارنةً بدرجة انصهار الموادّ الأُخرى في الجدول.

السؤالُ الأولُ: أذكرُ أربعة تغيّراتٍ تحدثُ للغاز في ... ثبات درجة الحرارة.

A

السؤالُ الثاني:

اعتمادًا على قانون الغاز المثالي PV=nRT، فإنّ النسبة PV/nRT = 1 للغاز المثاليّ على جميع قِيَم الضغط ودرجات الحرارة. ويمثّل الشكلُ تغيُّر هذه النسبة مع زيادة الضغط لغاز النيتروجين N_2 عند ثلاث درجات حرارة 1000 K، 500 K، 200 K. وعليه، فأُجيبُ عن الآتي:

1. أدرُسُ الشكل، ثمّ أُحَدِّدُ درجة الحرارة التي يكون سلوكُ غاز النيتروجين عندها أقربَ إلى سلوك الغاز المثاليّ.
2. **أُفَسِّرُ** انخفاضَ قيمة النسبة PV/nRT عن (1) عند درجة حرارة 200 K وضغط 200 atm.
3. بفرض أنّ سلوك جميع الغازات يشبه سلوكَ الغاز الم... فهل يمكنُ تحويلُها إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة؟ أُفَسِّ...

أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها:

يتضمَّن كتاب الأنشطة والتجارب العملية عددًا من أسئلة الاختبارات الدولية أو على نمطها؛ لأنَّها تُركِّز على إتقان العمليات، واستيعاب المفاهيم، والقدرة على توظيفها في مواقف حياتية واقعية، ولتشجيعي على بناء نماذج اختبارات تحاكي هذه الأسئلة؛ لما لها من أثر في إثارة تفكير الطلبة، ممّا يُسهِم في جعل التفكير العلمي المنطقي نمط تفكير للطلبة في حياتهم اليومية.

دليل المُعلِّم:

يُقدِّم الدليل نظرةً عامةً عن كل وحدة في كتاب الطالب والدروس التي فيها. وفيه يُعرَض الدرس وفق نموذج تدريس من ثلاث مراحل؛ يُنفَّذ كلٌّ منها باستعمال عناصر مُحدَّدة. تبدأ كل وحدة بمصفوفة نتاجات تتضمَّن نتاجات الوحدة، والنتاجات السابقة، والنتاجات اللاحقة المرتبطة بها؛ لتعينني على الترابط الرأسي للمفاهيم والأفكار، وتساعدني على تصميم أنشطة التعلُّم والتعليم في الوحدة وتنفيذها.

مراحل نموذج التدريس:

1 تقديم الدرس

يشمل تقديم الدرس ما يأتي:

- **الفكرة الرئيسة:**

توضّح لي كيفية عرض فكرة الدرس الرئيسة.

- **الربط بالمعرفة السابقة:**

يُقصَدُ بذلك تنشيط التعلُّم السابق للطلبة؛ حيث يعدُّون أساسًا لتعرُّف تنظيم المعلومات، وطرائق ترابطها. ويُقدِّم الدليل مقترحات عِدَّةً لهذا الربط، وينتهج أساليب متنوعة تختلف باختلاف موضوع الدرس.

2 التدريس

يشمل التدريس ما يأتي:

- **المناقشة:**

يُقدِّم الدليل لي مقترحات لمناقشة الطلبة في موضوع الدرس، مثل الأسئلة التي تُمهِّد للحوار مع الطلبة، وإجاباتها المقترحة. تمنح المناقشة الطلبة فرصةً للتعبير عن آرائهم، وتُعلِّمهم تنظيم أفكارهم، وحسن الإصغاء، واحترام الرأي الآخر، وتزيد من ثقتهم بأنفسهم.

- **بناء المفهوم:**

تنوَّعت طرائق بناء المفهوم في الدليل، وذلك بحسب طبيعة المفهوم. يُقدِّم الدليل أفكارًا مقترحة لبناء المفاهيم الواردة في كتاب الطالب.

- **استخدام الصور والأشكال:**

تُنمّي الصور والأشكال الثقافة البصرية، وتُوضِّح المفاهيم الواردة في الدرس.

يُبيِّن الدليل لي كيفية توظيفه الصور والأشكال في عملية التدريس، ويُرشِدني إلى كيفية الإفادة منها في تحفيز الطلبة على التفكير.

- **إضاءة للمعلِّم/ للمعلِّمة:**

معلومة للمُعلِّم/ المعلمة تُسهِم في إعطائه تفصيلات مُحدَّدة عن موضوع ما. وقد تُسهِم في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالبًا خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

---

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

أكتب الفكرة الرئيسة على السبورة، أو أعرضها باستخدام جهاز العرض (Data Show) ثم أبيّن للطلبة أن الرابطة المشتركة تنشأ نتيجة تداخل أفلاك التكافؤ نصف الممتلئة بالإلكترونات في الذرّتين المكونتين للرابطة.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجّه السؤالين الآتيين إلى الطلبة:

– كيف تتوزع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية في الجزيء؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أذكّرهم بنظرية تنافر أزواج الإلكترونات (VSEPR)، وكيفية توزيع أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية ليكون الجزيء أكثر ثباتا واستقرارا.

المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تتوزع الإلكترونات المشتركة على أفلاك مستوى التكافؤ في الذرتين المكونتين للرابطة؟ (في المنتصف، بينهما، اقرب الى احدى الذرتين، في الافلاك نصف الممتلئة)

أستمع لإجاباتهم ثم أدير نقاشًا بينهم حول ذلك، ثم أبيّن لهم أن الكيميائيين اقترحوا نظريتين لتوضيح ذلك؛ إحداهما نظرية رابطة التكافؤ التي ستجري دراستها في هذا الدرس.

بناء المفهوم: الكثافة الإلكترونية

- أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– ماذا يحدث للأفلاك نصف الممتلئة عندما تشارك إلكتروناتها في تكوين الرابطة؟ (تصبح ممتلئة)

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم وأبيّن لهم أنه عند تكوين الرابطة تتداخل أفلاك التكافؤ للذرتين في المنطقة الفراغية المحيطة بكلّ منهما ويتحرك الإلكترونان حول الذرتين معا وينجذبان نحو نواتيهما، ويطلقُ على منطقة التداخل اسم الكثافة الإلكترونية وهي منطقة التداخل بين الذرتين التي يتركز فيها وجود إلكترونات الرابطة.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدم أسلوب: فكر، اتنق زميل، شارك، وأوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12) وأطلب إليهم تحديد موقع الكثافة الإلكترونية في جزيء H_2 بشكل فردي، ثم مناقشة ما توصل/ توصلت اليه مع زميله/ زميلتها، ثم يعرض كل زميلين/ زميلتين رأيهما.

- أدير نقاشًا بين الطلبة وأتوصّل معهم إلى أن الكثافة الإلكترونية تتركز بين الذرتين على طول المحور الواصل بين نواتيهما، وأن الذرتين تنجذبان نحوهما، وبذلك تنشأ الرابطة المشتركة وتُصنَّفُ من النوع سيجما (σ).

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

الحمض الدهني هو حمض عضوي كربوكسيلي يزيد فيه عدد ذرات الكربون عن 12 ذرة. أما الدهون فهي إسترات ثلاثية تتكون من اتحاد 3 مولات من الحموض الدهنية مع مول من الجليسرول (كحول ثلاثي).

3 مول حمض دهني + مول جليسرول ⇦ مول إستر + 3 مول ماء

ويتفكك الدهن بالتسخين مع قاعدة قوية NaOH؛ فيتكون أملاح الصوديوم الدهنية التي تشكل الصابون.

أخطاء شائعة:

قد يكون البناء المعرفي لدى بعض الطلبة غير صحيح؛ فيُنبِّه الدليل إلى ذلك، مُبيِّنًا الخطأ والصواب.

أخطاء شائعة

يواجه بعض الطلبة صعوبة في تحديد الذرة المركزية في الجزيء، أوضّح لهم أنها الذرة التي تحاط بأكبر عدد من الروابط أو الذرات الأخرى.

كما قد يعتبر بعضهم ان أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرات الطرفية من الأزواج غير الرابطة، الأمر الذي قد يتسبب في عدم القدرة على تحديد الشكل الفراغي للجزيء، أوضّح لهم أن أزواج الإلكترونات غير الرابطة التي تحدد الشكل الفراغي للجزيء هي التي تحيط بالذرة المركزية فقط.

طريقة أُخرى للتدريس:

يُقدِّم الدليل مقترحات لتدريس المفهوم بأكثر من طريقة. ويُمكِن لي الاستفادة من تنوُّع الطرائق المُقدَّمة لتدريس مفهوم ما في خططي العلاجية؛ لمعالجة ضعف بعض الطلبة، إضافةً إلى إمكانية الإفادة منها في تقديم المفهوم بطرائق تنسجم مع خصائص الطلبة وذكاءاتهم المختلفة.

طريقة أخرى للتدريس — أزواج الإلكترونات وأشكال بعض الجزيئات

- أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني أنظم الجدول الآتي على اللوح:

الجزيء	BeF_2	BCl_3	CH_4	PCl_3	SF_6
العنصر	P	Be	F	C	Cl	S	B
العدد الذري	15	4	9	6	17	16	5

- أقسّم الطلبة إلى خمس مجموعات ثم أوزّع على كل مجموعة الصيغة الجزيئية لأحد الجزيئات ومجموعة نماذج الجزيئات.
- أطلب إليهم كتابة تركيب لويس للجزيء المخصص لهم وبناء نموذج للجزيئات (SF_6, PCl_3, BCl_3, BeF_2, CH_4) وقياس مقدار الزاوية بين الروابط وتوقع الشكل الفراغي لكلٍّ منها.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض النتائج. وأتابع عرض المجموعات وأناقش النتائج معهم.
- أقدم ملخصا يتضمن كيفية ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في الجزيء ومقدار الزاوية بين الروابط والشكل المتوقع لكلٍّ جزيء.
- ثم أوجّه الطلبة إلى مقارنة النتائج التي توصلوا إليها مع الأشكال ذوات الأرقام (9، 8، 7، 6، 5) في الكتاب.

نشاط سريع:

يُسهِم هذا النشاط في التنسيق بين الموقف التعليمي وأحد المواقف في الحياة العملية، واستثارة قدرات الطلبة، وتشويقهم.

نشاط سريع

- أحضر مجموعة نماذج الذرات، وأطلب إلى بعض الطلبة بناء نموذج لجزيء الميثان CH_4، وجزيء الأمونيا NH_3، وتحديد عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في كلٍّ منها.

معلومة إضافية:

تُسهِم المعلومات الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

معلومة إضافية

الصابون هو أملاح الصوديوم لحموض دهنية مثل ستيرات الصوديوم $C_{17}H_{35}COONa$، ويُحضّر بغلي الزيت أو الدهون مع قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مع التحريك حتى يتكون الصابون.

تعزيز:

معلومات تُعزِّز فهم موضوع الدرس، فضلًا عن اقتراح طرائق متنوعة لتعزيز المفهوم.

تعزيز:

مفهوم الرابطة التساهمية ومفهوم التهجين

أوضح للطلبة أن عملية التهجين تحدث نتيجة اندماج بين الأفلاك الذرية في الذرة ذاتها، ويؤدي الى تكوين أفلاك جديدة تختلف عن الأفلاك الذرية التي نتجت عنها. أما الرابطة فتنشأ نتيجة اندماج الأفلاك المهجنة أو غير المهجنة في مستوى التكافؤ للذرتين المكونتين للرابطة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية:

يُبيِّن الدليل لي القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، وأهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متكاملة متوازنة لكلٍّ منهم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: المشاركة**

أبيّن للطلبة أنّ المشاركة تعدُّ عنصرا أساسيا في التفاعل الاجتماعي، وهي المسؤولة عن تعزيز الروابط الاجتماعية، وأن لها أشكالًا متعددة منها المشاركة في المعرفة، ولذلك فمن الضروري تشارك الطلبة في معرفتهم التي يتوصلون إليها خلال عمليات البحث؛ مما يساعد على تعزيز العلاقات بينهم ويوسع نطاق البحث والفائدة.

3 التقويم

يشمل التقويم ما يأتي:

- إجابات أسئلة مراجعة الدرس.
- إجابات أسئلة مراجعة الوحدة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

التقويم في كتاب الطالب:

روعي التقويم في كتاب الطالب، وكتاب الأنشطة والتجارب العملية، ودليل المُعلِّم؛ للتحقُّق من فهم الطلبة، وتعزيز إنجازاتهم الفردية، ومنحهم فرصة التأمُّل في تعلُّمهم، ووضع أهداف لأنفسهم، وتقديم التغذية الراجعة والتحفيز والتشجيع لهم، فضلًا عن تضمينه استراتيجيات تلبي حاجاتهم المتنوعة، وفق ما يأتي:

أتحقَّق:

أسئلة لتقرير مدى فهم الطلبة في أثناء عملية التعلُّم.

أتحقَّق: ما نوعُ التهجين في الذرّات المركزيّة لكلٍّ منَ الجزيئات (NF_3 , OF_2)؟ ما الشكلُ الفراغيُّ لكلٍّ من هذه الجزيئات؟

أفكر:

أسئلة لتطوير مهارات التفكير لدى الطلبة أثناء عملية التعلم.

أفكّر: يحقّقُ الأُكسجينُ في مركّباته قاعدةَ الثمانية، فما الشكلُ المتوقع لجزيء الأوزون O_3؟ وكيف تترتّبُ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة؟

مراجعة الدرس:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة للدرس، والمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات المتنوعة.

مراجعةُ الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضِّحُ سببَ اختلاف الأشكال الفراغية للجُزَيئات.

2 - أوضّحُ المقصودَ بكلٍّ من: مستوى التكافؤ، الرابطة التناسقيّة، أزواج الإلكترونات غير الرابطة، نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ.

3 - أرسمُ تركيبَ لويس والأشكالَ الفراغيّة لكلٍّ منَ الآتية:

أ . ثنائي فلوريد الأُكسجين OF_2.

ب . رباعي كلورو ميثان CCl_4.

جـ. أيون الهيدرونيوم H_3O^+.

4 - **أُفسِّرُ:**

أ . يختلف مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيئات (CH_4 , NH_3 , H_2O)، رغم أنّ الذرّة المركزيّة في كلٍّ منها تُحاط بأربعة أزواج من الإلكترونات.

ب . لجزيءِ ثاني أُكسيد الكربون CO_2 شكلٌ خطّيّ، بينما لجزيءِ الماء H_2O شكلٌ مُنحَنٍ.

5 - عنصران افتراضيان ($_3X$, $_7Y$)، يرتبطُ كلٌّ منهما معَ الهيدروجين مكوّنًا الصيغة (XH_3 , YH_3).

أقارن بين الجزيئين من حيث:

أ . تركيبَ لويس لكلٍّ منهما.

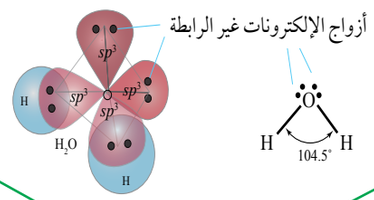
ب . الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ منهما.

جـ. مقدارُ الزاوية بين الروابط في كلٍّ منهما.

د . امتلاك أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة.

أسئلة الأشكال:

أسئلة إجاباتها من الصورة؛ لتدريب الطلبة على التحليل.



الشكلُ (23): الشكل الفراغي لجزيء الماء H_2O وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة.

• أحدّد أنواع الأفلاك المُكوِّنة للرابطة (O-H).

مراجعة الوحدة:

أسئلة متنوعة مرتبطة بالمفاهيم، والمصطلحات، والمهارات، والأفكار العلمية الواردة في الوحدة.

مراجعةُ الوحدةِ

1. أُوَضّح المقصودَ بكلٍّ منَ المفاهيم الآتية: الرابطة التناسقيّة، الفلَك المُهجَّن، قوى التجاذب ثنائيّة القطب.

2. **أتوقّعُ** الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية، بالاعتماد على تراكيب لويس لكلٍّ منها:

$X:\ddot{A}:X$ (X فوق A وتحت A) $X:\ddot{A}:X$ (X فوق A) $X:A:X$

3. **أُقارنُ** بين الجزيئين NH_3 , BH_3، من حيثُ: عددُ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة، عددُ أزواج الإلكترونات غيرِ الرابطة، نوعُ التهجين في الذرّة المركزيّة، الشكلُ الفراغيّ، الزاويةُ بين الروابط، قطبيّةُ الجزيئات.

4. أُجيبُ عمّا يأتي في ما يتعلّقُ بالجزيء BeF_2. علمًا أنّ العددَ الذريَّ للبيريليوم (4):
   أ. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرّة البيريليوم (Be) قبلَ التهجين وبعدَه.
   ب. أُحَدِّدُ نوعَ التهجين في الذرّة المركزيّة Be.
   جـ. أُحَدِّدُ نوعَ الأفلاك المكوِّنة للرابطة Be - F.
   د. **أتوقّعُ** مقدارَ الزاوية بين الروابط (الأفلاك المُهجَّنة) في الجزيء BeF_2.
   هـ. أرسُمُ الشكلَ البنائيَّ للجزيء وأسمّيه.

5. عنصران (X، Y) منَ الدورة الثانية، يكوّنان معَ الفلور الصيغتين (XF_2، YF_2) على التوالي. إذا كان المركّبُ XF_2 يمتلكُ أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة، فأجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:
   أ. أكتُبُ تركيبَ لويس لكلٍّ منَ المركّبين.
   ب. أُحَدِّدُ العددَ الذريَّ لكلٍّ من X و Y.
   جـ. أُحَدِّدُ نوعَ الأفلاك التي تستخدِمُها كلٌّ منَ الذرّتين في تكوين الروابط.
   د. أرسُمُ الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ من XF_2 و YF_2، وَأُحَدِّدُ قطبيّة كلٍّ منهما.
   هـ. **أتوقّعُ** مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلٍّ منَ المركّبين.

6. أرسُمُ الأشكالَ الفراغيّة لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية، وَأُبَيِّنُ قطبيّةَ كلٍّ منها:
   NF_3, BCl_3, OCl_2, CH_2Cl_2, BeH_2

7. **أُفَسِّرُ**:
   أ. درجةُ غليان المركّب CH_3CH_2Cl أعلى منها للمركّب CH_3CH_3.
   ب. درجةُ غليان المُركّب $NH_2CH_2CH_2NH_2$ أعلى منها للمركّب $CH_3CH_2CH_2NH_2$.
   جـ. الجزيءُ $CHCl_3$ قطبيٌّ، بينما الجزيء CCl_4 غيرُ قطبيّ.
   د. الرابطةُ (B-F) قطبيّةٌ، بينما الجزيءُ BF_3 غيرُ قطبيّ.
   هـ. يذوبُ الإيثانول C_2H_5OH في الماء، بينما الإيثانُ C_2H_6 لا يذوب.

التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية:

يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية ما يأتي:

أسئلة الاختبارات الدولية

أسئلةُ تفكير

السؤالُ الأولُ: يبيِّنُ الجدولُ الآتي درجة انصهار هيدريدات عناصر المجموعة السادسة:

المادة	درجةُ الانصهار (K)	درجةُ الانصهار (°C)
H_2O	273	0
H_2S	191	-82
H_2Se	207	-66
H_2Te	224	-49

1. **أُفَسِّرُ:** تُعَدُّ درجة انصهار الماء شاذَّةً عن باقي الموادّ في الجدول.

.....

.....

.....

2. **أتوقَّعُ** الجُزَيءَ الذي له أكبرُ كتلة موليّة، مُدَعِّمًا إجابتي.

.....

.....

.....

3. **أُفَسِّرُ** ارتفاع درجة انصهار الماء مقارنةً بدرجة انصهار الموادّ الأُخرى في الجدول.

.....

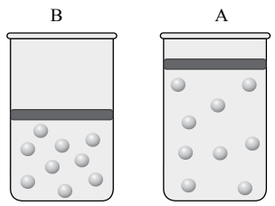
.....

.....

أسئلة التحليل والاستنتاج

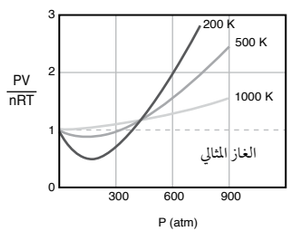
أسئلةُ تفكير

السؤالُ الأولُ: أذكرُ أربعة تغيّراتٍ تحدثُ للغاز في حالة الانتقال مِنَ الوضع A إلى الوضع B عند ثبات درجة الحرارة.



السؤالُ الثاني:

اعتمادًا على قانون الغاز المثالي PV=nRT، فإنّ النسبة PV/nRT = 1 للغاز المثاليّ على جميع قِيَمِ الضغط ودرجات الحرارة. ويمثِّلُ الشكلُ تغيُّرَ هذه النسبة معَ زيادة الضغط لغاز النيتروجين N_2 عند ثلاث درجات حرارة 1000 K، 500 K، 200 K. وعليه، فأُجيبُ عنِ الآتي:



1. أدرُسُ الشكل، ثمّ أُحَدِّدُ درجة الحرارة التي يكون سلوكُ غاز النيتروجين عندها أقربَ إلى سلوك الغاز المثاليّ.
2. **أُفَسِّرُ** انخفاضَ قيمة النسبة PV/nRT عن (1) عند درجة حرارة 200 K وضغط 200 atm.
3. بفرض أنّ سلوك جميع الغازات يشبه سلوكَ الغاز المثاليّ على جميع قِيَم الضغط ودرجة الحرارة، فهل يمكنُ تحويلُها إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة؟ **أُفَسِّرُ** إجابتي.

التقويم في دليل المُعلِّم:

الربط بالمعرفة السابقة

استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض مُنظَّم مُخطَّط يقوم به الطلبة.
- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطلبة.
- الأداء العملي: أداء الطلبة مهام مُحدَّدة بصورة عملية.
- الحديث: تحدُّث الطلبة عن موضوع معين في مُدَّة مُحدَّدة.
- المعرض: عرض الطلبة نتاجهم الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطلبة حوارًا بكل ما يرافقه من حركات.
- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة لمناقشة قضية ما، بحيث يتبّنى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة مُنظَّمة لتحديد مستوى تحصيل الطلبة معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلَّمها قبلًا.

التواصل

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مُخطَّط يُعقَد بين المُعلِّم والطالب/ المعلِّمة والطالبة.
- المقابلة: لقاء بين المُعلِّم والطالب/ المعلِّمة والطالبة.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المُعلِّم إلى الطالب/ من المعلِّمة إلى الطالبة..

1 تقديم الدرس

الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجّه السؤالين الآتيين إلى الطلبة:

– كيف تتوزع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية في الجزيء؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أذكّرهم بنظرية تنافر أزواج الإلكترونات (VSEPR)، وكيفية توزيع أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية ليكون الجزيء أكثر ثباتا واستقرارا.

– ما أثر ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية على الشكل الفراغي للجزيء؟

أوضّح لهم أنه نتيجة التنافر بين أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية فإنها تترتب في أبعاد محددة بالنسبة إلى بعضها بعضا، وبذلك يتحدد مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء، ويتحدد شكله الفراغيّ.

الملاحظة

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة الـمُنظَّمة: ملاحظة يُخطَّط لها من قبل، ويُحدَّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكلٍّ منهما.

مراجعة الذات

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطلبة: كتابة الطلبة ما قرأوه، أو شاهدوه، أو سمعوه.
- ملف الطالب/ الطالبة: ملف يضم أفضل أعمال الطالب/ الطالبة.
- تقويم الذات: قدرة الطالب/ الطالبة على تقييم أدائه/ أدائها، والحكم عليه.

أدوات التقويم:

- قائمة الرصد.
- سُلَّم التقدير العددي.
- سُلَّم التقدير اللفظي.
- سجل وصف سير التعلُّم.
- السجل القصصي.

المهارات:

يشتمل كتاب الطالب على المهارات المتنوعة الآتية:

مهارات القرن الحادي والعشرين:

يشهد العالم تطوُّراتٍ وتغيُّراتٍ هائلةً؛ ممّا يتطلَّب مستويات مُتقدِّمةً من الأداء والمهارة، والتحوُّل من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يُعَدُّ إكساب الطلبة مهارات القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلُّم مدى الحياة.

- التعلُّم الذاتي.
- التفكير الابتكاري.
- التفكير والعمل التعاوني.
- التفكير الناقد.
- التواصل.
- المعرفة المعلوماتية والتكنولوجية.
- المرونة.
- القيادة.
- المبادرة.
- الإنتاجية.

مهارات العلم:

العمليات التي يقوم بها الطلبة في أثناء التوصُّل إلى النتائج والحكم والتحقُّق من صدقها. تُسهِم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف. وتتضمن مهارات العلم المهارات الآتية:

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقُّع.
- توجيه الأسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.

مهارات القراءة:

تُعَدُّ القراءة عمليةً عقليةً يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وبوجه عام، تهدف مهارات القراءة إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي، وتتضمن مهارات القراءة المهارات الآتية:

- الاستنتاج.
- التسلسل والتتابع.
- التصنيف.
- التلخيص.
- التوقُّع.
- الحقيقة والرأي.
- السبب والنتيجة.
- الفكرة الرئيسة والتفاصيل.
- المشكلة والحل.
- المقارنة.

المهارات العلمية والهندسية:

تُنمّي هذه المهارات قدرات الطلبة على عرض أعمالهم وأفكارهم بدقة وموضوعية، وتبريرها، والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وهي تُؤكِّد أهمية إحداث الترابط المرغوب بين المواد الدراسية المختلفة، ومتطلَّبات التفكير الناقد والتفكير الإبداعي، وتتضمن المهارات العلمية والهندسية المهارات الآتية:

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية، وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل البيانات وتفسيرها.
- التخطيط، وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير النماذج واستخدامها.
- الحصول على المعلومات، وتقييمها، وإيصالها.
- توجيه الأسئلة وتحديد المشكلات.

استراتيجيات التدريس والأساليب الداعمة لعملية التعلُّم:

يعتمد اختيار استراتيجية التدريس أو الأسلوب الداعم على عوامل عِدَّة، منها: النتاجات، وخصائص الطلبة النمائية والمعرفية، والإمكانات المتاحة، والزمن المتاح.

التعلُّم التعاوني Critical Thinking:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلُّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أنْ يبدي الطلبة جميعهم مسؤولية في التعلُّم، ويتولّى العديد من الأدوار داخل المجموعة.

التفكير الناقد Critical Thinking:

نشاط ذهني عملي للحكم على صحة رأي أو اعتقاد عن طريق تحليل المعلومات، وفرزها، واختبارها بهدف التمييز بين الأفكار الإيجابية والأفكار السلبية.

حل المشكلات Problem Solving:

استراتيجية تقوم على تقديم قضايا ومسائل حقيقية واقعية للطلبة، ثم الطلب إليهم تمحيصها ومعالجتها بأسلوب مُنظَّم.

أكواب إشارة المرور Traffic Light Cups:

يُستخدَم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب مُتعدِّدة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة لي في حال احتاج الطلبة إلى المساعدة. يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون توجيهه لي من دون أنْ يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهمات المنوطة بهم. أمّا اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

فكِّر، انتقِ زميلًا، شارِك Think- Pair- Share:

أسلوب يُستخدَم لعرض أفكار الطلبة، وفيهوفيه أوجّه للطلبة سؤالًا، ثم أمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم يُطلب إلى كل طالبين/ طالبتين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على أفراد المجموعات.

الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ أكتب -أنا- أو أحد أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرِّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب/ طالبة فقرةً جديدةً تُمثِّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى أطلب إنهاء ذلك. بعدئذٍ؛ يُنظِّم أفراد المجموعة مناقشةً للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

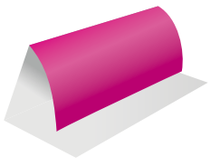
دراسة الحالة Case Study:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إثارة موضوع أو مفهوم ما للنقاش، ثم يعمل الطلبة في مجموعات على جمع البيانات وتنظيمها، وتحليلها للوصول إلى إيضاحٍ كافٍ للموضوع، أو تحديد أبعاد المشكلة، واقتراح حلول مناسبة لها.

بطاقة الخروج Exit Ticket:

يُمثِّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة يُنفِّذها الطلبة قبل خروجي من الصف. وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة مُحدَّدة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم أجمع البطاقات لقراءة الإجابات، ثم أعلّق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تُمثِّل تغذية راجعة أستند إليها في الحصة اللاحقة.

اثنِ ومرِّر Fold and Pass:



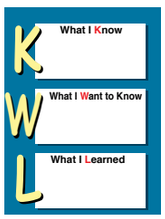
أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة؛ إذ تُمرَّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى أُصدر لهم إشارة بالتوقُّف، ثم يقرأ أحد أفراد المجموعة ما كُتِب في الورقة بصوت عالٍ. وبهذا يُمكِن لي جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويُمكِن للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرأون إجابات غيرهم.

كنت أعتقد، والآن أعرف I Used to Think, But Now I know:

أسلوب يقارن فيه الطلبة (لفظًا، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما توصَّلوا إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح لي الاطِّلاع على مدى تحسُّن التعلُّم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلُّمهم بصورة أفضل.

جدول التعلُّم What I Know/ What I Want to Know/ What I Learned:

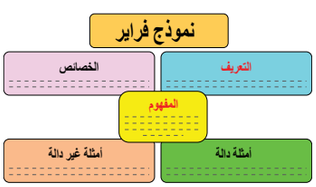
يعتمد هذا الجدول على ثلاثة محاور أساسية، هي:



- ماذا أعرف؟ هي: خطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهمات؛ فالمتعلِّم يُحدِّد إمكاناته ليستفيد منها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أنْ أعرف؟ هي: مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها، أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلَّمت؟ هي: مرحلة تقويم لما تعلَّمه الطلبة من معارف ومهام وأنشطة.

نموذج فراير Frayer Method:

يتطلَّب هذا النموذج إكمال الطلبة (فرادى، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري المجاور.



الطلاقة اللفظية Word Fluency:

يُستخدَم هذا الأسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمُّل. وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدُّث عن الموضوع المطروح، واستماع بعضهم بعضًا مدَّة مُحدَّدة من الوقت.

التعلُّم بالتعاقد Contract Learning:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمُّل مسؤولية تعلُّمهم، بدءًا بتحديد ما سيتعلَّمونه في مدَّة زمنية مُحدَّدة. تتضمَّن هذه الاستراتيجية عقد اتفاق مُحدَّد بيني وطلبتي؛ يشمل المصادر التعليمية التي سيستعين بها الطلبة في أثناء عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

السقالات التعليمية Instructional Scaffolding:

يُقصَد بها تجزئة موضوع الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ ممّا يساعد الطلبة في استيعابه، أو استخدام الوسائط السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسد، أو الروابط الإلكترونية، وغير ذلك من الوسائل التي تُعَدُّ بمنزلة السقالات التعليمية التي تهدف إلى مساعدة الطلبة على تحقيق التعلُّم المنشود.

التعلُّم المقلوب Flipped Learning:

استعمال التقنيات الحديثة وشبكة الإنترنت على نحوٍ يسمح لي بإعداد الدرس عن طريق مقاطع الفيديو، أو الملفات الصوتية، أو غير ذلك من الوسائط؛ ليطَّلِع عليها الطلبة في منازلهم (تظلُّ متاحة لهم على مدار الوقت)، باستعمال حواسيبهم، أو هواتفهم الذكية، أو أجهزتهم اللوحية قبل الحضور إلى غرفة الصف. في حين يُخصَّص وقت اللقاء الصفيّ في اليوم اللاحق لتطبيق المفاهيم والمحتوى العام الذي شاهدوه؛ وذلك في صورة سلسلة من أنشطة التعلُّم النشط، والأنشطة الاستقصائية، والتجريبية، والعمل بروح الفريق، وتقييم التقدُّم في سير العمل.

تمايُز التدريس والتعلُّم

Differentiation of Teaching and Learning:

يهدف التمايُز إلى الوفاء بحاجات الطلبة الفردية، ويكون في المحتوى، أو في بيئة التعلُّم، أو في العملية التعلُّمية التعليمية، ويُسهِم التقييم المستمر والتجميع المرن في نجاح هذا النهج من التعليم.

يكون التمايُز في أبسط مستوياته؛ عندما ألجأُ إلى تغيير طريقة التدريس؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب/ طالبة، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

يُمكِن لي تحقيق التمايُز عن طريق أربعة عناصر رئيسة، هي:

1. **المحتوى Content:** ما يحتاج الطلبة إلى تعلُّمه، وكيفية حصوله على المعلومة.
2. **الأنشطة Activities:** الفعاليات التي يشارك فيها الطلبة؛ لفهم المحتوى، أو إتقان المهارة.
3. **المُنتَجات Products:** المشاريع التي يتعيَّن على الطلبة تنفيذها؛ للتدرُّب على ما تعلّموه في الوحدة، وتوظيفه في حياتهم، والتوسُّع فيه.
4. **بيئة التعلُّم Learning Environment:** عناصر البيئة الصفية جميعها.

أمثلة على التمايُز في المحتوى:

- تقديم الأفكار باستعمال الوسائل السمعية والبصرية.
- الاجتماع مع مجموعات صغيرة من الطلبة الذين يعانون صعوبات؛ لإعادة تدريسهم فكرةً، أو تدريبهم على مهارة؛ أو توسيع دائرة التفكير ومستوياته لدى أقرانهم المُتقدِّمين Advanced Students.

أمثلة على التمايُز في الأنشطة:

- الإفادة من الأنشطة المُتدرِّجة التي يمارسها الطلبة كافةً، ولكنَّهم يُظهِرون فيها تقدُّمًا حتى مستويات معينة. وهذا النوع من الأنشطة يُسهِم في تحسُّن أداء الطلبة، ويتيح لهم الاستمرار في التقدُّم، مراعيًا الفروق الفردية بينهم؛ إذ تتباين درجة التعقيد في المستويات التي يصلها الطلبة في هذه الأنشطة.
- تطوير جداول الأعمال الشخصية (قوائم مهمات يكتبها المعلِّم، وهي تتضمَّن المهمات المشتركة التي يتعيَّن على الطلبة كافةً إنجازها، وتلك التي تفي بحاجات الطلبة الفردية).
- تقديم أشكال من الدعم العملي للطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة.
- منح الطلبة وقتًا إضافيًا لإنجاز المهمات؛ بُغْيَةَ دعم الطلبة الذين يحتاجون إلى المساعدة، وإفساح المجال أمام الطلبة المُتقدِّمين Advanced Students للخوض في الموضوع على نحوٍ أعمق.

أمثلة على التمايُز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

- السماح للطلبة بالعمل فرادى أو ضمن مجموعات صغيرة؛ لتنفيذ المهمات المنوطة بهم، وتحفيزهم على ذلك.

أمثلة على التمايُز في بيئة التعلُّم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغال المُعلِّمين بطلبة آخرين، وعدم تمكُّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف؛ يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بينهم.

ملحوظة: يعتمد التمايُز في التعليم على مدى استعداد الطلبة، ومناحي اهتماماتهم، وسجلّات تعلُّمهم.

طريقة أُخرى للتدريس

أزواج الإلكترونات وأشكال بعض الجزيئات

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني** أنظم الجدول الآتي على اللوح:

الجزيء	BeF_2	BCl_3	CH_4	PCl_3	SF_6	
العنصر	Be	F	C	Cl	S	B
العدد الذري	4	9	6	17	16	5

- أقسّم الطلبة إلى خمس مجموعات ثم أوزّع على كل مجموعة الصيغة الجزيئية لأحد الجزيئات ومجموعة نماذج الجزيئات.
- أطلب إليهم كتابة تركيب لويس للجزي المخصص لهم وبناء نموذج للجزيئات(BCl_3, BeF_2, CH_4, SF_6, PCl_3) وقياس مقدار الزاوية بين الروابط وتوقع الشكل الفراغي لكلٍّ منها.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض النتائج. وأتابع عرض المجموعات وأناقش النتائج معهم.
- أقدم ملخصًا يتضمن كيفية ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في الجزيء ومقدار الزاوية بين الروابط والشكل المتوقع لكلٍّ جزيء.
- ثم أوجّه الطلبة إلى مقارنة النتائج التي توصلوا إليها مع الأشكال ذوات الأرقام (5، 6، 7، 8، 9) في الكتاب.

نشاط سريع

نشاط سريع

- أحضر مجموعة نماذج الذرات، وأطلب إلى بعض الطلبة بناء نموذج لجزئ الميثان CH_4، وجزئ الأمونيا NH_3، وتحديد عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في كلٍّ منهما.

مشروع الوحدة

مشروع الوحدة:

- أقسّم الطلبة في مجموعتين وأقترح عليهم المشروعين الآتيين. وأجري قرعة بين المجموعات لتحديد المشروع الذي تنفذه كل مجموعة:

1) **تنفيذ جدارية تتضمن ما يأتي:**
- التوزيع الإلكتروني لذرات بعض العناصر
- توزيع هوند لذرات هذه العناصر
- توزيع هوند لهذه الذرات بعد التهجين
- تسمية التهجين والأفلاك المهجّنة التي تستخدمها الذرة المركزية
- مبرر التهجين المقترح
- رسم الشكل البنائي للجزيء وتسميته
- اقتراح أمثلة لهذه الجزيئات منها قطبية وأخرى غير قطبية
- نوع قوى التجاذب بين الجزيئات

2) **عمل خزانة الجزيئات وفق الخطوات الآتية:**
- تصميم خزانة بعدد مناسب من الرفوف.
- بناء نماذج لعدد من الجزيئات باستخدام الكرات أو المعجونة والعيدان، والاحتفاظ فيها في الخزانة، وإعداد لوحة تعريفية أمام كل نموذج يبين فيه:
- اسم الجزيء وصيغته الكيميائية
- اسم الشكل الفراغي للجزيء
- مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء
- نوع التهجين الذي تستخدمه الذرة المركزية
- قطبية الجزيء.

توظيف التكنولوجيا:

في ظل التسارع الملحوظ الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا، والتوجُّهات العالمية لمواكبة مختلف القطاعات والمجالات، بما في ذلك قطاع التعليم؛ فقد تضمَّن كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية دروسًا تعتمد على التعلُّم المتمازج Blended Learning الذي يربط بين التكنولوجيا وطرائق التعلُّم المختلفة، وأنشطةً وفق المنحى التكاملي STEAM تُعَدُّ التكنولوجيا المحور الرئيس فيها.

عند توظيفي للتكنولوجيا، يتعيَّن عليّ مراعاة ما يأتي:

- أتحقّق من موثوقية المواقع الإلكترونية التي يقترحها على الطلبة؛ إذ يوجد الكثير من المواقع التي تحوي معلومات علمية غير دقيقة.
- أتصفّحُ الموقع الإلكتروني قبل وضعه ضمن قائمة المواقع الإلكترونية المقترحة؛ إذ تتعرَّض بعض المواقع الإلكترونية أحيانًا إلى القرصنة الإلكترونية واستبدال الموضوعات المعروضة.
- أُرشد الطلبة إلى المواقع الإلكترونية الموثوقة التي تنتهي عادة بأحد الاختصارات الآتية:(org .edu .gov.).

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن ظاهرة التآصل وأمثلة عليه، علمًا أنَّه يمكنني إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الوحدةُ الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها

تجربةٌ استهلاليةٌ: أشكال الجُزيئات			
الدرس	نتاجات التعلُّم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: نظريّةُ تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ	• التوصل إلى المفاهيم الأساسيّة الخاصة بالروابط بين الذرّات والجزيئات. • توضيح العلاقة بين أزواج الإلكترونات حول الذرّة المركزيّة والشكل الفراغي للجزيء.	○ أزواج الإلكترونات والأشكال الفراغيّة للجزيئات	6
الثاني:الروابطُ والأفلاك المتداخلة	• توضيح مفهوم التهجين والأفلاك المُهجَّنة. • التمييز بين الرابطة سيجما والرابطة باي. • التوصل إلى تحديد قطبيّة الجزيء.	○ الأشكال الفراغيّة للجزيئات وقطبيّتها	5
الثالثُ:القوى بين الجُزيئات	• التوصل إلى المفاهيم الأساسيّة الخاصة بالروابط بين الذرّات والجزيئات. • التعرف إلى أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات. • استكشافُ أثر قوى التجاذب بين الجزيئات في الخصائص الفيزيائية للمواد.	○ قوى التجاذب بين الجزيئات والخصائص الفيزيائية للمواد	4

التناجات السابقة واللاحقة الخاصة بالوحدة الأولى – أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها.

التناجات السابقة	الصف	التناجات اللاحقة	الصف
• توضيح مكونات الذرة • توظيف التفاعلات الكيميائية	الثامن		
• تقدير أهمية الروابط الكيميائية في تكوين مركبات ضرورية في حياتنا اليومية	التاسع		
• استقصاء أنواع الروابط الكيميائية وكيفية تشكلها • توضيح خصائص بعض المركبات الكيميائية عن طريق نوع الرابطة فيها	العاشر		

أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها

Shapes of Molecules and Intermolecular Forces

أتأمَّل الصورة

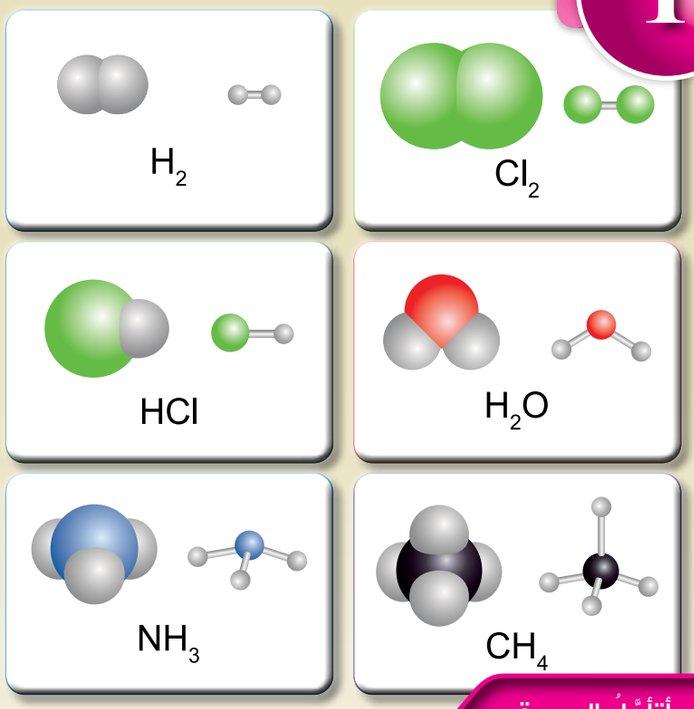
- أوجّه الطلبة إلى تأمّل صورة الوحدة ثم إجابة أسئلة «أتأمّل الصورة».

إجابات محتملة (تترتب ازواج الإلكترونات حول الذرة المركزية وتتنافر في ما بينها، وذلك يحدد الشكل الفراغي).

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأوضّح لهم أن أزواج الإلكترونات تترتب حول الذرة المركزية بالنسبة إلى بعضها بعضًا، بحيث تكونُ أبعد ما يمكن ويكون التنافرُ فيما بينها أقلَّ ما يمكن.

وإن الجزيء يتخذ شكلًا فراغيًا يكون فيه تنافر أزواج الإلكترونات أقل ما يمكن، وبهذا يمكن تحديد مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء وبالتالي تحديد شكله.

الوحدةُ 1
أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها
Shapes of Molecules and Intermolecular Forces



أتأمَّلُ الصورة

تتّخذ الجزيئاتُ التي ترتبط ذرّاتُها بروابطَ تساهميّةٍ أشكالًا هندسيّة (فراغيّة) تبعًا لعدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة المحيطة بالذرّة المركزيّة، فكيف تترتّبُ أزواجُ الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة في الجُزَيْء؟ وكيف يتحدّدُ الشكلُ الفراغيّ للجزيء؟

7

الفكرة العامة:

- أقرأ الفكرة العامة للوحدة أو أكتبها على السبورة، ثم أمهّد للوحدة بالحديث عن الجزيئات وتركيبها، وإن الذرات في الجزيء ترتبط في ما بينها بروابط مشتركة عن طريق أزواج من الإلكترونات تسمى أزواج إلكترونات رابطة، وفي الجزيئات متعددة الذرات تحاط الذرة المركزية بعدد من أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة وهي التي تحدد الأبعاد الفراغية للجزيء وشكله.
- ثم أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– كيف تنشأ الرابطة المشتركة؟ إجابات محتملة (نتيجة التشارك بالإلكترونات) أستمع لإجابات الطلبة ثم أوضّح لهم أن الرابطة المشتركة تنشأ من تداخل الأفلاك الذرية نصف الممتلئة في مستوى التكافؤ.

– ما علاقة شكل الجزيء بخصائصه الفيزيائية؟ **إجابات محتملة** (شكل الجزيء يحدد الخصائص) ترتبط جزيئات المادة في ما بينها بقوى تجاذب تسمى قوى التجاذب بين الجزيئات، ولها دور مهم في تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد المختلفة.

- ثم أبيّن لهم أنهم سيدرسون في هذه الوحدة بعض النظريات عن الروابط بين الذرات، وأزواج الإلكترونات الرابطة، وغير الرابطة، وأثرها في تحديد شكل الجزيء، وسيدرسون –أيضاً– أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات وأثرها في الخصائص الفيزيائية للمادة.

مشروع الوحدة:

- أقسّم الطلبة في مجموعتين وأقترح عليهم المشروعين الآتيين. وأجري قرعةً بين المجموعات لتحديد المشروع الذي تنفذه كل مجموعة:

1) **تنفيذ جدارية تتضمن دراسة بعض الجزيئات الواردة في الوحدة، وتشمل ما يأتي:**

– التوزيع الإلكتروني لذرات بعض العناصر.
– توزيع هوند لذرات هذه العناصر.
– توزيع هوند للذرة المركزية في الجزيء بعد التهجين.
– تسمية التهجين والأفلاك المهجّنة التي تستخدمها الذرة المركزية.

الفكرةُ العامّة:

تترتّبُ الذرّاتُ في الجزيئات بالنسبة إلى بعضها في أبعاد فراغيّة تعتمد على أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة المحيطة بالذرّة المركزيّة، متّخذة أشكالًا هندسّية تحدّدُ الخصائصَ الفيزيائيّة لهذه الجزيئات.

الدرسُ الأول: نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ.

الفكرةُ الرئيسة: يتحدّد شكلُ الجزيء بعدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بالذرّة المركزيّة، وتتنافرُ في ما بينها وتترتّبُ متباعدةً عن بعضها أقصى ما يمكن، معَ بقاء الذرّات منجذبةً نحوَ بعضها في الجُزيء.

الدرسُ الثاني: الروابط والأفلاك المتداخلة.

الفكرةُ الرئيسة: تنشأ الرابطة المشتركة نتيجة تداخل أفلاك التكافؤ نصفِ الممتلئة بالإلكترونات، ليصبح الفلك المتداخلُ ممتلئًا ويحتوي على إلكترونين.

الدرسُ الثالث: القوى بين الجزيئات.

الفكرةُ الرئيسةُ: ترتبط جزيئاتُ الموادّ المختلفة وذرّات الغازات النبيلة بقوى تجاذب ذاتُ أهميّة كبيرة في تحديد خصائصها الفيزيائيّة.

– مبرر التهجين المقترح.
– رسم الشكل البنائي للجزيء وتسميته.
– اقتراح أمثلة لهذه الجزيئات منها قطبية وأخرى غير قطبية.
– نوع قوى التجاذب بين الجزيئات.

2) **عمل خزانة الجزيئات وفق الخطوات الآتية:**

– تصميم خزانة بعدد مناسب من الرفوف.
– بناء نماذج لعدد من الجزيئات باستخدام الكرات أو المعجونة والعيدان، والاحتفاظ فيها في الخزانة، وإعداد لوحة تعريفية أمام كل نموذج يبين فيه:
– اسم الجزيء وصيغته الكيميائية.
– اسم الشكل الفراغي للجزيء.
– مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء.
– نوع التهجين الذي تستخدمه الذرة المركزية.
– قطبية الجزيء.

أشكال الجزيئات

المـوادُّ والأدوات: مجموعـةُ نمـاذج الجزيئـات (الكـراتُ، والوصـلاتُ)، فرجـار قيـاس الزاويـة، نمـوذج للجـدول الـدوريّ.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشادات السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبر والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خطواتُ العمل:

1. **أُصمّمُ:** أختار كرةً تمثّل ذرّة البيريليوم (ثقبان) وكرتين تمثّلان ذرّتي الكلور (ثقب واحد) ووصلتين، وأُصمّمُ شكلًا بنائيًّا لجزيء كلوريد البيريليوم ($BeCl_2$).
2. **أتوقّعُ** الشكلَ الناتج وأرسمه.
3. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.
4. **أُصمـمُ:** أختارُ كـرةً تمثّـل ذرّة البـورون (ثلاثة ثقـوب) وثـلاثَ كـرات تمثّـل ذرّات الكلـور وثلاثَ وصـلات، وأُصمّـمُ شـكلًا بنائيًّا لجـزيء ثلاثي كلوريـد البـورون (BCl_3)، وأرسـمُ الشـكلَ الناتـج.
5. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.

6. **أُصمـمُ:** أختـارُ كرةً تمثّـل ذرّة الكربـون (أربعة ثقوب) وأربعَ كرات تمثّـل ذرّات الهيدروجين وأربعَ وصـلات، وأُصمّـمُ شـكلًا بنائيًّا لجزيء الميثان (CH_4)، وأرسـمُ الشـكلَ الناتج.
7. **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، وأُسجّلُها.
8. **أُسجّلُ البيانات**، أُدوّنُ شكلَ الجزيء، والزاويةَ بين الروابط.

التحليلُ والاستنتاج:

1- أُحدّدُ أسماءَ الأشكال الناتجة لكلّ جزيء.

2- أُحدّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلّ جزيء.

3- أستنتجُ العلاقةَ بين عدد الروابط في الجزيء، ومقدارَ الزاوية بينها.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** بناء الشخصية: التعلم المتبادل**

أوضّح للطلبة أن توزيع المهمات أثناء العمل يتيح لأفراد المجموعة المشاركة الفاعلة في إنجاز العمل، ويوفر فرصة للجميع للتعلم دون أن يستأثر بعض أفراد المجموعة بالعمل بصورة منفردة، ويعزز التعلم المتبادل ويجعل الأفراد مسؤولين عن تعلمهم.

تقويم تجربة أشكال الجزيئات

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

الرقم	معيار الأداء	التقدير: نعم	التقدير: لا
1	استخدام الكرات المناسبة لتمثيل الذرات في الجزيء.		
2	وصل الكرات بالوصلات بشكل مناسب.		
3	قياس الزاوية بين الروابط بطريقة صحيحة.		
4	تسمية أشكال الجزيئات بشكل صحيح .		
5	التوصل إلى استنتاجات صحيحة عن طريق التجربة.		

الهدف: استكشافُ أشكال بعض الجُزَيئات.

زمن التنفيذ: 10 min.

إرشادات السلامة: أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر، وارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

المهارات العلمية: التصميم، القياس، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والادوات وأتفقد مجموعة نماذج الجزيئات وجاهزيتها قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المهمات، حيث تنفذ كل مجموعة تصميم نموذج لأحد الجزيئات باتباع الخطوات الخاصة بالنموذج بشكل متسلسل.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابعهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوّم أداءهم، وأتأكد أنّهم تمكنوا من استخدام الكرات المناسبة وتوصيلها بشكل مناسب للحصول على الشكل المناسب للجزيء.
- أتحقّق من قدرتهم على استخدام فرجار قياس الزاوية.
- أطلب إلى المجموعات تبادل البيانات التي جرى الحصول عليها، وتسجيلها بجدول في كراس الأنشطة والتجارب العملية، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

توجيه: أنفّذ التجربة في يوم سابق، وأستثمر نتائج هذه التجربة لتحديد مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيئات المختلفة، وتسجيلها في جدول البيانات في كراساتهم.

التحليل والاستنتاج:

1+2.

الجزيء	الشكل	مقدار الزاوية
$BeCl_2$	خطي	180°
BCl_3	مثلث مستو	120°
CH_4	رباعي الأوجه منتظم	109.5°

3. كلما زاد عدد الروابط قلّ مقدار الزاوية بينها.

الدرس 1

نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ

Valence Shell Electrons Pair Repulsion Theory

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

● أكتب الفكرة الرئيسة على السبورة، ثم أوضّح للطلبة أنّ الجزيئات التي تتكون من ثلاث ذرات فأكثر تحتوي على ذرة مركزية تحيط بها الذرات الأخرى، ويتحدد شكل الجزي بمدى التنافر الناشئ بين أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة المحيطة بالذرة المركزية، مع بقاء الذرات منجذبة نحو بعضها بعضًا في الجزئ.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

● أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بإلكترونات التكافؤ؟ **اجابة محتملة** (إلكترونات المستوى الخارجي) أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأذكّرهم ان للذرة مستويات مختلفة من الطاقة تتوزع الإلكترونات عليها، ويسمى المستوى الخارجي بمستوى التكافؤ، ويطلق على الإلكترونات في مستوى التكافؤ اسم إلكترونات التكافؤ، وهي ما يحدد نوع الروابط التي تكوّنها الذرة عند تفاعلها مع ذرات أخرى.

● ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– ما أنواع الراوبط التي تنشأ بين الذرات عند تفاعلها وتكوين المركبات؟ **إجابات محتملة** (روابط أيونية، وروابط مشتركة) أستمع لإجاباتهم، وأذكّرهم أن هناك نوعان من الروابط بين الذرات في مركباتها؛ هما الروابط المشتركة والروابط الأيونية. وأقدم لهم مثالًا على الروابط المشتركة؛ الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين في جزئ الماء H_2O، ومثال آخر على الروابط الأيونية الرابطة بين الكلور والصوديوم في المركب NaCl.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

● أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– ما المقصود بالرابطة التساهمية؟ **إجابات محتملة** (رابطة تنشأ نتيجة تشارك الذرات بالإلكترونات) أستمع لإجابات الطلبة، ثم أرسم التوزيع الإلكتروني لذرات من المجوعات الرابعة والخامسة والسادسة والسابعة (F,O,N,C) وأحدد عدد الإلكترونات في المستوى الخارجي لكلٍّ منها:

◄ الفكرة الرئيسة:

يتحدّد شكلُ الجزيء بعدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بالذرّة المركزيّة، التي تتنافرُ في ما بينها وتترتّبُ متباعدةً عن بعضها أقصى ما يمكن، معَ بقاء الذرّات منجذبةً نحو بعضها في الجُزيء.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

– أتوصلُ إلى المفاهيم الأساسيّة المتعلّقة بالروابط بين الذرّات والجزيئات.

– أوضحُ العلاقة بين أزواج الإلكترونات حول الذرّة المركزيّة والشكل الفراغي للجزيء.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:

الرابطة التساهميّة	Covalent Bond
أزواج الإلكترونات الرابطة	Bonding Electrons Pairs
الذرّة المركزيّة	Central Atom
أزواج الإلكترونات غير الرابطة	Non-Bonding Electrons Pairs
الرابطة التناسقيّة	Coordinate Bond
تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ	Valence Shell Electron Pair Repulsion (VSEPR)

أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ

Valence Shell Electrons Pair

درستُ في ما سبق أنّ الإلكتروناتِ تتوزّعُ على مستويات الطاقة المختلفة في الذرّة، وبعضُ هذه الإلكترونات تتوزّعُ في مستوى الطاقة الخارجيّ الذي يسمّى مستوى التكافؤ Valence Shell، وتسمّى هذه الإلكتروناتُ إلكتروناتِ التكافؤ، التي تحدّدُ نوعَ الرابطة التي تكوّنها الذرّةُ عند تفاعلها معَ ذرّات أُخرى.

الروابطُ التساهميّة والرابطة التناسقيّة

Covalent Bonds and Coordinate Bond

كثيرٌ من الموادِ التي تُعَدُّ عصبَ الحياة، كالماءِ وغازِ الأكسجين وغازِ ثاني أكسيدِ الكربونِ ترتبط ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة، كما أنّ معظمَ المركّبات الموجودة في أجسامنا وأجسام الكائنات الحيّة الأُخرى ترتبطُ ذرّاتُها بروابطَ تساهميّة. فكيف تتكوّن هذه الروابطُ في المركّبات المختلفة؟

يحتوي المستوى الخارجيُّ لذرّات عناصر المجموعات الممثلة من المجموعة الرابعة إلى المجموعة السابعة على عدد منَ الإلكترونات تنجذبُ نحو النواة بقوّة، وعند ارتباط ذرّتين من هذه العناصر ببعضهما بعضًا فإنهما تتشاركان في الإلكترونات، وينشأُ بينهما زوجٌ أو أكثرُ منَ الإلكترونات المشتركة تنجذبُ نحو نواتي الذرّتين معًا، ويُطلقُ على قوّة الجذب الناشئة بينهما اسمُ **الرابطة التساهميّة Covalent Bond**؛ فمثلًا، تمتلكُ ذرّةُ الكربون أربعةَ إلكترونات في المستوى الخارجيّ، أمّا ذرّةُ الهيدروجين فتمتلك إلكترونًا واحدًا، وعند ارتباطهما لتكوين جزيء الميثان (CH_4) تشاركُ ذرّةُ الكربون معَ كلِّ ذرّة هيدروجين بزوج منَ الإلكترونات، ويكون حول ذرّة الكربون أربعة أزواج منَ الإلكترونات المشتركة معَ ذرات الهيدروجين، تسمّى **أزواجَ الإلكترونات الرابطة Bonding Electrons Pairs**، وهي إلكتروناتُ مستوى التكافؤ

عدد إلكترونات المستوى الخارجي = 4 $C: 1s^2 2s^2 2p^2$

عدد إلكترونات المستوى الخارجي = 5 $N: 1s^2 2s^2 2p^3$

عدد إلكترونات المستوى الخارجي = 6 $O: 1s^2 2s^2 2p^4$

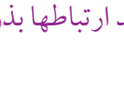
عدد إلكترونات المستوى الخارجي = 7 $F: 1s^2 2s^2 2p^5$

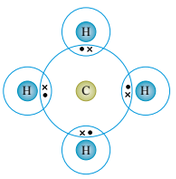
وأبيّن لهم أنّ إلكترونات المستوى الخارجي في هذه الذرات ترتبط بالنواة بقوة، ويكون من الصعب على الذرة فقدانها، وعند ارتباط ذرتين من هذه العناصر بعضهما ببعض؛ فإنهما تتشاركان في الإلكترونات، وينشأ بينهما زوج مشترك من الإلكترونات تنجذب نحو نواتي الذرتين معًا، ويطلق على قوة التجاذب الناشئة بين زوج الإلكترونات المشترك ونواتي الذرتين اسم الرابطة التساهمية (المشتركة).

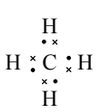
◄ المناقشة:

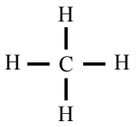
● أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ماعدد الإلكترونات في المستوى الخارجي لكلٍّ من ذرة الكربون وذرة الهيدروجين؟ أرسم تركيب لويس على اللوح لكلٍّ من الذرتين، ثم أبيّن لهم أنّ ذرة الكربون تمتلك أربعة إلكترونات في المستوى الخارجي تشارك بها عند ارتباطها بذرات أخرى. وأن ذرة الهيدروجين تمتلك إلكترونًا واحدًا تشارك به عند ارتباطها بذرات أخرى.





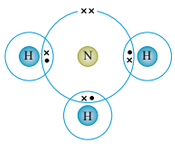


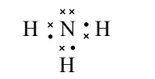


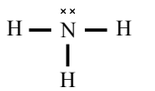
الشكلُ (1): أزواجُ الإلكترونات المشتركة المحيطة بذرة الكربون C في جزيء الميثان (CH_4).

التي شاركت في تكوين الروابط، وينشأُ عن ذلك أربعُ روابطَ تساهميّةٍ أُحاديّة تحيط بذرّة الكربون، التي يُطلقُ عليها اسمُ **الذرّة المركزيّة Central Atom**، وهي تلك الذرّةُ الأقل عددًا في الجزيء المُكَوَّنِ من أكثر من ذرّتين وتُكوِّن أكثر من رابطة؛ أي أنها تُحاط بأكبر عدد من الروابط في الجزيء، ويوضّح الشكلُ (1) أزواجَ الإلكترونات المشتركة المحيطة بذرّة الكربون C في جزيء الميثان CH_4.

أمّا في جزيء الأمونيا (NH_3)، فتحتوي ذرّةُ النيتروجين في المستوى الخارجي على (5) إلكترونات، وحتى تصلَ إلى حالة الاستقرار فإنها تتشاركُ معَ كلّ ذرّة هيدروجين بزوج منَ الإلكترونات ليصبح لديها ثلاثةُ أزواج منَ الإلكترونات المشتركة، كما يتّضحُ من تركيب لويس للجزيء، ومن ثَمَّ فإنّها تكوّنُ ثلاثَ روابطَ تساهميّةٍ أُحاديّةٍ معَ ثلاث ذرّات منَ الهيدروجين، ويبيّنُ الشكلُ (2) أزواجَ الإلكترونات المحيطة بذرّة النيتروجين في جزيء الأمونيا NH_3.







الشكلُ (2): أزواجُ الإلكترونات المحيطة بذرة النيتروجين N في جزيء الأمونيا NH_3.

يتّضحُ من تركيب لويس أنّ ذرّة النيتروجين تمثّلُ الذرّة المركزيّة في الأمونيا؛ فهي تُحاط بثلاثة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة، إضافة إلى زوج واحد منَ الإلكترونات لم يشارك في تكوين الروابط يُطلقُ عليه **زوجُ إلكترونات غير الرابطة Non-Bonding Electrons Pair**، وتعرف أزواج الإلكترونات غير الرابطة أنها أزواجٌ منَ الإلكترونات تظهرُ في مستوى التكافؤ للذرّة المركزيّة لا تشارك في تكوين الروابط.

عرفتُ منَ المثالين السابقين أنّ ذرّتي الكربون والنيتروجين هما ذرّتان مركزيتان، وأنّ كلًّا منهما محاطةٌ بأربعة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة، وهذا يعني أنّهما تحققان قاعدةَ الثمانية؛ أي أنّ مجموع الإلكترونات في مستوى التكافؤ يساوي ثمانية، وبهذا يصبحُ تركيبُهما

◄ المناقشة:

- أستخدم **أسلوب: فكر انتق زميلًا شارك**، بحيث يجيب الطالب على السؤال منفردًا، ثم ينتقي زميلًا ويتناقشا في الاجابة، ثم يعرض كل زميلين اجابتهما ، ثم يتشارك الطلبة جميعهم في مناقشة الإجابات.
- أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بكل من ذرة الكربون في الجزيء CH_4، وذرة النيتروجين في الجزيء NH_3؟

أبيّن لهم أن كلًّا من ذرة الكربون C، وذرة النيتروجين N، تحاط بأربعة أزواج من الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة، وبهذا؛ فإن كلًّا منهما تحقق قاعدة الثمانية.

- أطرح السؤال الآتي:

– ما المقصود بقاعدة الثمانية؟ **اجابة محتملة** (يكون عدد الإلكترونات حول الذرة يساوي ثمانية) أستمع لإجاباتهم، وأناقشها معهم، ثم أسجل نص القاعدة على اللوح: «تميل الذرات في مركباتها إلى أن يصبح مستوى التكافؤ فيها ممتلئًا بثمانية إلكترونات».

نشاط سريع

- أحضر مجموعة نماذج الذرات، وأطلب إلى بعض الطلبة بناء نموذج لجزئ الميثان CH_4، وجزئ الأمونيا NH_3، وتحديد عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في كلٍّ منهما.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أقسّم الطلبة في مجموعات، وأوجّههم إلى دراسة الشكل رقم (1)، ثم أطلب إليهم إجابة الأسئلة الآتية:

– ما عدد أزواج الإلكترونات المشتركة بين ذرة الكربون C وذرة الهيدروجين H؟

توجد أربعة أزواج إلكترونات مشتركة بين ذرة الكربون وذرات الهيدروجين، تنشأ من تشارك ذرة الكربون بإلكترون واحد مع كل ذرة هيدروجين تشارك بإلكترون واحد.

– ماذا يطلق على هذه الإلكترونات؟

يطلق عليها اسم أزواج الإلكترونات الرابطة، يكوّن كلٌّ منها رابطة تساهمية، ويطلق على ذرة الكربون اسم الذرة المركزية.

– هل توجد إلكترونات في ذرة الكربون لم تشارك في تكوين الروابط؟

لا يوجد

- أوجّه مجموعات الطلبة إلى دراسة الشكل رقم (2)، ثم إجابة الأسئلة الآتية:

– ما عدد أزواج الإلكترونات المشتركة المحيطة بذرة النيتروجين N، في جزيء الأمونيا NH_3؟

هناك ثلاثة أزواج إلكترونات رابطة تحيط بذرة النيتروجين N، تكوّن ثلاث روابط أحادية مع ثلاث ذرات من الهيدروجين في جزيء الأمونيا.

– هل توجد إلكترونات في ذرة النيتروجين لم تشارك في تكوين الروابط؟

يوجد زوج واحد من الإلكترونات لم يشارك في تكوين الروابط ويسمى زوج الإلكترونات غير الرابط.

– ما عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بذرة النيتروجين؟

أربعة أزواج من الإلكترونات.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1) والتعرف على تركيب لويس لكلٍّ جزيء فيه.

ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

- ما عدد الإلكترونات في مستوى التكافؤ لكلٍّ من ذرات Cl,O,C في الجزيئات المكونة للجدول؟
- ما عدد الإلكترونات في مستوى التكافؤ لذرة الهيدروجين H في الجزيئات المبينة في الجدول؟
- ما الغاز النبيل الذي أصبح تركيب كل من هذه الذرات مشابها لتركيب ذرته؟

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن كلًّا من الذرات Cl,O,C، المبينة جزيئاتها في الجدول أصبح مستوى التكافؤ فيها مكتملًا، ويحتوي ثمانية إلكترونات. وإن مستوى التكافؤ لذرة الهيدروجين أصبح مكتملًا، ويحتوي على إلكترونين. وبذلك فإن تركيب كل ذرة منها أصبح مشابهًا لتركيب ذرات الغاز النبيل الأقرب إليها في الجدول الدوري.

◄ المناقشة:

- أعقد جلسة عصف ذهني وأوجّه إلى الطلبة السؤالين الآتيين:

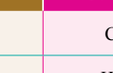
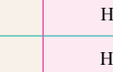
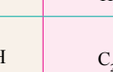
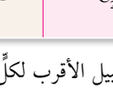
- كيف يمكن تحديد عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة في الجزيئات المختلفة؟

- أستمع لإجابات الطلبة، وأسجل أهمّ الأفكار على اللوح، ثم أناقشها معهم، وأبيّن أنّ: تحديد عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة يجري عن طريق كتابة تركيب لويس لهذه الجزيئات.

- ثم أبيّن خطوات كتابة تركيب لويس في الجزيئات المختلفة التي تتمثل في ما يأتي:

- تحديد عدد إلكترونات التكافؤ لكلٍّ ذرة عن طريق التركيب الإلكتروني لها.
- تحديد عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي للذرات جميعها في الجزيء.
- حساب عدد أزواج إلكترونات التكافؤ في الجزيء.
- تحديد الذرة المركزية وتوزيع الذرات الأخرى حولها وأزواج الإلكترونات الرابطة بينها.
- حساب عدد أزواج الإلكترونات المتبقية وتوزيعها على الذرات الطرفية والأزواج المتبقية توضع على الذرة المركزية.

الجدول (1): تركيب لويس لبعض الجزيئات.

اسم الجزيء	الصيغة الجزيئية	تركيب لويس
الكلور	Cl_2	
كلوريد الهيدروجين	HCl	
الماء	H_2O	
الإيثان	C_2H_6	

مشابهًا لتركيب ذرّة عنصر الغاز النبيل الأقرب لكلٍّ منهما في الجدول الدوريّ. وهناك كثيرٌ منَ الذرّات التي تكوّنُ روابطَ تساهميّةً في جزيئاتها تحقّق قاعدة الثمانية؛ إذ يصبح مستوى تكافُئِها ممتلئًا بالإلكترونات، ويصبح تركيبُها الإلكترونيُّ مشابهًا للتركيب الإلكتروني لذرّة عنصر الغاز النبيل الأقرب إليها، ويوضّحُ الجدولُ (1) تركيبَ لويس لبعض هذه الجزيئات.

ويمكنُ تعرُّفُ عددِ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة في الجُزيئات والأيونات المتعددة الذرّات بكتابة تركيب لويس لها، كما في الأمثلة الآتية:

المثال 1

أكتبُ تركيبَ لويس لِجُزيء NF_3، وأحددُ عددَ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة.
(العدد الذرّي للذرّة N يساوي 7، وللذرّة F يساوي 9)

الحلّ:

أحدّدُ عددَ إلكترونات التكافؤ لكلِّ ذرّة في الجُزيء عن طريق التوزيع الإلكتروني لكلٍّ منهما:

N: $1s^2\underline{2s^2 2p^3}$ F: $1s^2\underline{2s^2 2p^5}$

عددُ إلكترونات التكافؤ: F = 7e ، N = 5e

أحدّدُ عددَ إلكترونات التكافؤ الكلي Total Valence electrons لجميع الذرّات في الجُزيء:

عدد إلكترونات التكافؤ الكلية = عدد إلكترونات تكافؤ N × عدد ذرّات N + عدد إلكترونات تكافؤ F × عدد ذرّات F

$$Total\ (v.e) = (v.e)_{N\ atom} \times N_{(N\ atom)} + (v.e)_{F\ atom} \times N_{(F\ atom)}$$

$$Total\ (v.e) = (5 \times 1) + (7 \times 3) = 26\ e$$

أحسُبُ عددَ أزواج إلكترونات التكافؤ Valence Electrons Pairs (v.e.p) بِقسمَةِ عدد الإلكترونات على 2

$$v.e.p = \frac{26}{2} = 13 \text{ زوجًا}$$

◄ تعزيز:

مفهوم الرابطة التساهمية

أوضح للطلبة أنّ الرابطة التساهمية تنشأ بين ذرتين تميلان لكسب الإلكترونات في تفاعلاتهما، ولذلك نجد أن ذرات عناصر المجموعات الممثلة 4,5,6,7 تترابط في ما بينها بروابط تساهمية، وذلك أنّ هذه الذرات تميل لكسب الإلكترونات في تفاعلاتها، ولا تميل أيٌّ منها لفقد الإلكترونات، ولذلك فإنها تتشارك بالإلكترونات للوصول إلى الاستقرار والثبات في مركّباتها.

أحدّدُ الذرّةَ المركزيّة في الجُزيء، وهي الذرّةُ N؛ وهي الأقل عددًا، وأوزّع ذرّات F حولَها، ثمّ أرسم روابطَ أُحاديّةً في ما بينهما (كلُّ رابطةٍ تمثّلُ زوجَ إلكترونات).

أحسُبُ عددَ أزواج الإلكترونات المُتبقّية، وهيَ تُساوي عددَ أزواج الإلكترونات المُتوفّرة (v.e.p) مطروحًا منها عددُ أزواج الإلكترونات الرابطة (B.e.p)

أزواج 10 = 3 - 13 = v.e.p - B.e.p

أوزّع أزواجَ الإلكترونات المُتبقّية حولَ الذرّات الطرفيّة (F)، بحيثُ تُحقّقُ كلُّ ذرّة قاعدةَ الثمانية؛ وبهذا أكون قد وزّعت منها 9 أزواج وبقيَ لديّ زوجٌ يوضعُ حولَ الذرّة المركزيّة. وعليه، فيكون توزيعُ لويس على النَّحو الآتي:

أي أنّ ذرّة N تُحاطُ بثلاثة أزواج مِنَ الإلكترونات الرابطة وزوجٍ مِنَ الإلكترونات غيرِ الرابطة.

المثال 2

أحددُ عددَ أزواج الإلكتروناتِ الرابطة وغيرِ الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة في جُزيء $GeCl_4$.

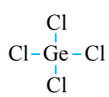
الحلّ:

ألاحظ أنّ الكلورَ مِنَ المجموعة السابعة، وتمتلكُ ذَرَّتُهُ 7 إلكترونات في مستوى التكافؤ، بينما الجيرمانيوم Ge مِنَ المجموعة الرابعة، وتمتلكُ ذَرَّتُهُ 4 إلكترونات تكافؤ؛ وبهذا فإنّ عددَ إلكترونات التكافؤ الكلية يُساوي

$$\text{Total } (v.e) = (v.e)_{\text{Ge atom}} \times N_{(\text{Ge atom})} + (v.e)_{\text{Cl atom}} \times N_{(\text{Cl atom})}$$

$$\text{Total } (v.e) = (4 \times 1) + (7 \times 4) = 32\ e$$

وعليه، فيكونُ عددُ أزواج إلكترونات التكافؤ



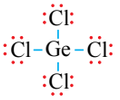
$$\text{v.e.p} = \frac{32}{2} = 16 \text{ زوجًا}$$

أحدّدُ الذرّةَ المركزيّة، وهيَ ذرّةُ Ge؛ الأقلُ عددًا، وأوزّع ذرّات Cl حولَها، ثمّ أضع بينها روابطَ أُحاديّة.

أحسُبُ عددَ أزواج الإلكترونات المُتبقّية (عدد أزواج الإلكترونات المُتوفّرة – عددِ أزواج الإلكترونات الرابطة):

$$\text{v.e.p - B.e.p} = 16 - 4 = 12 \text{ زوجًا}$$

أوزّع أزواجَ الإلكترونات المُتبقّية حولَ الذرّات الطرفيّة Cl، بحيثُ تُحَقّقُ كلٌّ منها قاعدةَ الثمانية.



يتّضِحُ من تركيب لويس للجزيء $GeCl_4$ أنّ ذرّة Ge تُحاط بأربعة أزواج إلكترونات رابطة، ولا توجدُ حولَها أزواجُ إلكترونات غيرِ رابطة.

معلومة إضافية

ألاحظ أنّ عدد إلكترونات التكافؤ في ذرات العناصر الممثلة يساوي رقم مجموعة العنصر، فمثلًا عناصر المجموعة السابعة تحتوي في مستوى التكافؤ سبعة إلكترونات أي لديها سبعة إلكترونات تكافؤ وهي تمثل رقم المجموعة لهذه العناصر، وعناصر المجموعة الخامسة يحتوي مستواها الأخير خمسة إلكترونات، وبهذا فإن ذرة كل منها تمتلك خمسة إلكترونات تكافؤ، وهذه الإلكترونات هي التي تظهر عند كتابة تركيب لويس للذرة.

مثال إضافي

أناقش الطلبة في حل المثال (2)، وأتتبع معهم خطوات تحديد عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة، ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

أحدد عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية في الجزيء $AlCl_3$.

(العدد الذري لـ Al = 13 ، ولـ Cl = 17)

الحلّ:

أكتب التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من Al ,Cl وأحدّد عدد إلكترونات التكافؤ لكلٍّ منهما:

$_{17}Cl: [Ne]3s^2 3p^5$ $_{13}Al: [Ne]3s^2 3p^1$

عدد إلكترونات التكافؤ: $Al = 3$, $Cl = 7$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$\text{Total(v.e)} = (\text{v.e})_{Cl} \times n_{Cl} + (\text{v.e})_{Al} \times n_{Al}$$

$$7 \times 3 + 3 \times 1 = 24\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ:

$$v.e.p = \frac{24}{2} = 12 \text{ زوج}$$

أحدّد الذرة المركزية وأوزّع عليها الذرات الأخرى:

أحدد عدد أزواج الإلكترونات المتبقي، حيث وزعت ثلاثة أزواج في الروابط الثلاثة Cl–Al:

أزواج إلكترونات متبقية: $12 - 3 = 9$

أوزّع الأزواج المتبقية على ذرات الكلور Cl، والزائدة منها – إن وجدت– توزع على الذرة Al كما يأتي:

يتضح أن ذرة الألمنيوم تحاط بثلاثة أزواج إلكترونات رابطة، ولا يوجد أزواج الإلكترونات غير رابطة.

المناقشة:

- أوجّه السؤالين الآتيين إلى الطلبة:

- هل تختلف طريقة تحديد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة في الأيونات متعددة الذرات؟ إجابة محتملة: تختلف.

- كيف يمكن تحديدها في الأيونات السالبة أو الموجبة؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم الآتي: في الأيونات السالبة يضاف مقدار الشحنة إلى المجموع الكُلّي لعدد إلكترونات التكافؤ.

أما الأيون الموجب فإنه فقد عددا من الإلكترونات، ولذلك يجب طرح مقدار شحنة الأيون من المجموع الكُلّي لعدد إلكترونات التكافؤ.

مثال إضافي

أناقش الطلبة في المثال (3)، وأبيّن لهم أثر شحنة الأيون السالب على مجموع عدد الإلكترونات مستوى التكافؤ لجميع الذرات. ثم أطلب إليهم حل المثال الآتي:

أحدد عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرّة المركزية في الأيون BCl_4^-

(العدد الذري لـ B = 5 ، ولـ Cl = 17)

الحلّ:

أكتب التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من B,Cl وأحدد عدد إلكترونات التكافؤ لكلٍّ منهما:

$_{17}Cl: [Ne]3s^2\underline{3p^5}$ $\quad$ $_{5}B: 1s^2\underline{2s^2}2p^1$

عدد إلكترونات التكافؤ: $B = 3$, $Cl = 7$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

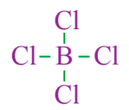
$$Total(v.e) = (v.e)_{Cl} \times n_{Cl} + (v.e)_B \times n_B + 1$$

$$7 \times 4 + 3 \times 1 + 1 = 32\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ:

$$v.e.p = \frac{32}{2} = 16 \text{ زوج}$$

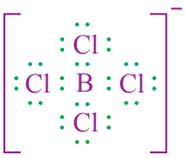
أحدّد الذرة المركزية وأوزّع عليها الذرات الأخرى:



عدد أزواج الإلكترونات المتبقي: $12 - 3 = 9$

أوزّع الأزواج المتبقية على ذرات الكلور Cl، كما يأتي:

يكون عدد أزواج الإلكترونات الرابطة حول الذرة المركزية B يساوي أربعة أزواج، ولا يوجد أزواج إلكترونات غير رابطة حولها.



المثال 3

أكتبُ تركيبَ لويس، وأحدّد عددَ أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرّة المركزية في الأيون $AlCl_4^-$. (العدد الذرّي لذرّة Al يساوي 13، ولذرّة Cl يساوي 17).

الحل:

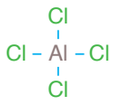
أُلاحظ أن الكلور Cl من المجموعة السابعة، وتمتلك ذرّتُه 7 إلكترونات في مستوى التكافؤ، بينما الألمنيوم Al من المجموعة الثالثة، وتمتلك ذرّتُه 3 إلكترونات في مستوى التكافؤ.

أحسُبُ عدد إلكترونات التكافؤ الكلّي لجميع الذرّات في الأيون، ولوجود الشحنة السالبة (-1) أضيف إليها إلكترونًا واحدًا:

$$Total\ (v.e) = (v.e)_{Al\ atom} \times N_{Al\ atom} + (v.e)_{Cl\ atom} \times N_{Cl\ atom} + 1$$

$$Total\ (v.e) = (3 \times 1) + (7 \times 4) + 1 = 32\ e^-$$

أحسُبُ عددَ أزواج الإلكترونات المتوفرة



$$v.e.p = \frac{32}{2} = 16 \text{ زوجًا}$$

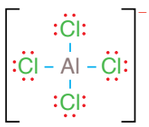
أحدّدُ الذرّة المركزية، وهي ذرة Al الأقلّ عددًا، وأوزّع ذرات Cl حولها، ثم أضَع بينها روابطَ أحادية.

أحسُب عدد أزواج الإلكترونات المُتبقية (عدد أزواج الإلكترونات المتوفرة – عدد أزواج الإلكترونات الرابطة):

$$v.e.p - B.e.p = 16 - 4 = 12 \text{ زوجًا}$$

أوزع أزواج الإلكترونات المُتبقية حول الذرّات الطرفية Cl بحيث تحقق كلٌّ منها قاعدة الثمانية.

وبهذا فإن ذرّة الألمنيوم تُحاطُ بأربعة أزواج من الإلكترونات الرابطة ولا تمتلكُ أزواجَ إلكترونات غيرَ رابطة.



إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

أتذكر أن الشحنة السالبة للأيون متعدد الذرات تساوي عدد الإلكترونات المضافة إلى مجموع عدد إلكترونات التكافؤ. وأن الشحنة الموجبة للأيون المتعدد تساوي مجموع عدد الإلكترونات التكافؤ الكُلّي منقوصًا منها عدد من الإلكترونات يساوي مجموع عدد إلكترونات التكافؤ المتوفرة في الأيون.

يحتوي العديد منَ الجزيئات على روابطَ ثنائيّةٍ أو ثلاثيّة؛ فمثلًا، في جزيء ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) نجد أنّ ذرّة الكربون تتشاركُ معَ كلِّ ذرّة أُكسجين بزوجين منَ الإلكترونات لتكوين رابطة ثنائيّة معَ كلٍّ منهما؛ لكي تُحقّقَ كلٌّ منها قاعدة الثمانية وتصلَ إلى حالة الاستقرار، وكذلك فإنّ ذرّتي الكربون في جزيء الإيثين C_2H_4 تشتركان بزوجين منَ الإلكترونات لتكوين رابطة ثنائيّة؛ لتُحقّقَ كلٌّ منهما قاعدة الثمانية وتصلَ إلى حالة الاستقرار.

وكذلك جزيء الأُكسجين (O_2)؛ إذ تشتركُ ذرّتاهُ بزوجين منَ الإلكترونات لتكوين رابطة ثنائيّة؛ كي تُحقّقَ كلٌّ منهما قاعدة الثمانية وتصلَ إلى حالة الاستقرار.

في حين أنّ ذرّتي النيتروجين في جزيء (N_2) تتشاركان بثلاثة أزواج منَ الإلكترونات؛ لتكوّنا رابطة ثلاثيّة وتحقّقا –من ثَمَّ– قاعدةَ الثمانية ويصبحَ تركيبُهما مشابهًا لتركيب الغاز النبيل النيون (Ne)، وكذلك ذرّتا الكربون في جزيء الإيثاين (الإستيلين) C_2H_2، فإنّهما تتشاركان بثلاثة أزواج منَ الإلكترونات وتنشأُ بينَهُما رابطةٌ ثلاثيّة؛ لكي تُحقّقا قاعدة الثمانية وتصلا إلى حالة الاستقرار. ويبيّنُ الجدولُ (2) الصيغَ الجزيئيّة لهذه الجُزَيئات وتركيبَ لويس لكلٍّ منها.

إلّا أنّ بعض الذرّات التي تُكَوِّنُ في مركّباتها روابطَ تساهميّةً لا تُحقّقُ قاعدةَ الثمانية؛ فأحيانًا يكون عددُ الإلكترونات المحيطة بالذرّة المركزيّة أقلَّ

الجدول (2): تركيب لويس لجزيئات تحتوي على روابطَ ثنائيّةٍ وأُخرى تحتوي على روابطَ ثلاثيّة.

اسم الجزيء	الصيغة الجزيئية	تركيب لويس
ثاني أُكسيد الكربون	CO_2	$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$
الإيثين	C_2H_4	$H:\underset{H}{\overset{\cdot\cdot}{C}}::\underset{H}{\overset{\cdot\cdot}{C}}:H$
الأُكسجين	O_2	$:\ddot{O}::\ddot{O}:$
النيتروجين	N_2	$:N:::N:$
الإيثاين	C_2H_2	$H:C:::C:H$

طريقة أُخرى للتدريس | **تركيب لويس لبعض الجزيئات**

- أقسّم الطلبة في مجموعات،وأستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني.
- أطلب إلى المجموعات توزيع الأدوار بينهم.
- أطلب إلى المجموعات تعيين مؤقت للمجموعة.
- أطلب إلى المجموعة تعيين ملخص.
- أوجّه المجموعات إلى دراسة الجزيئات في الجدول (2) واجابة الأسئلة الآتية:

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تشارك فيها الذرات في كل من الروابط الآتية:

(C=O) في الجزيء CO_2

(C=C) في الجزيء C_2H_4

(O=O) في الجزيء O_2

(N=N) في الجزيء N_2

(C=C) في الجزيء C_2H_2

– هل تحقق الذرات في هذه الجزيئات قاعدة الثمانية.

- أطلب إلى ملخص المجموعة عرض النتائج التي توصلت اليها مجموعته.
- أدير نقاشًا بين الطلبة حول النتائج التي توصلوا اليها.
- ألخص أهم النتائج التي توصلت اليها المجموعات.

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2) والتعرف على تركيب لويس لكلِّ جزيء فيه. ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– هل تحقق ذرات الكربون C، وذرات الأكسجين O، وذرات النيتروجين N قاعدة الثمانية في الجزيئات المبينة في الجدول؟ (نعم، تحقق)

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تتشارك بها ذرة الكربون مع كل ذرة أكسجين في الجزيء CO_2؟ (زوجين، مع كل ذرة O)

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تتشارك فيها ذرتا الكربون في ما بينهما في الجزيء C_2H_4؟ (زوجين)

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تتشارك فيها ذرتا الأكسجين في ما بينهما في الجزيء O_2؟ (زوجين)

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنه على الرغم من أن الجزيئات مثل CO_2، وC_2H_4، وO_2، تحتوي على روابط ثنائية بين ذراتها، فهي تحقق قاعدة الثمانية وتصل إلى حالة الاستقرار. ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تتشارك بها ذرتا النيتروجين في الجزيء N_2؟ (ثلاثة أزواج)

تتشارك ذرتا النيتروجين بثلاثة أزواج من الإلكترونات لتصل إلى حالة الاستقرار، وبهذا ينشأ بينهما رابطة ثلاثية.

– ما عدد أزواج الإلكترونات التي تتشارك بها ذرتا الكربون في الجزيء C_2H_2؟ (ثلاثة أزواج)

تتشارك ذرتا الكربون بثلاثة أزواج من الإلكترونات لتصل إلى حالة الاستقرار وتنشأ بينهما رابطة ثلاثية.

◄ المناقشة:

- أعقد جلسة عصف ذهني وأطرح السؤال الآتي:

– هل تحقّق الذرات التي تكوّن روابط تساهمية جميعها قاعدة الثمانية؟ (لا)

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم وأبيّن لهم أنّ: هناك بعض الذرات التي تكوّن روابط تساهمية في مركباتها لا تحقق قاعدة الثمانية، فقد يكون عدد الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية أقل من ثمانية.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) والتعرف على تركيب لويس لكلٍّ جزيء فيه. ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الإلكترونات التي تحيط بذرة البيريليوم في الجزيء $BeCl_2$؟

– هل تحقّق ذرة البيريليوم قاعدة الثمانية؟

تحاط ذرة البيريليوم Be بزوجين من الإلكترونات (4e)، أي أقل من ثمانية فهي لا تحقق قاعدة الثمانية.

– ما عدد الإلكترونات التي تحيط بذرة البورون في الجزيء BCl_3؟

– هل تحقق ذرة البورون قاعدة الثمانية؟

تحاط ذرة البورون B في الجزي BCl_3 بثلاثة أزواج من الإلكترونات (6e)، وهي أقل من ثمانية، وبذلك فهي لا تحقق قاعدة الثمانية.

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– هل تحقق ذرة الفسفور P في المركب PCl_5 قاعدة الثمانية؟

لا تحقق قاعدة الثمانية فهي تحاط بخمسة أزواج من الإلكترونات (10e)، أي أكثر من ثمانية إلكترونات.

– ما عدد الإلكترونات المحيطة بذرة الكبريت S في المركب SF_6؟

عدد الإلكترونات المحيطة بذرة الكبريت (12e)، وهي أكثر من ثمانية، وبذلك فإنها لا تحقق قاعدة الثمانية.

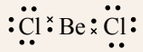
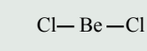
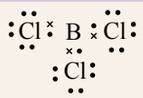
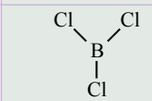
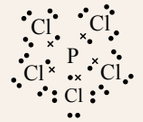
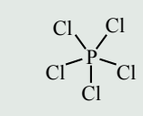
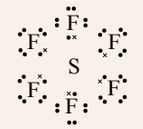
◄ بناء المفهوم:

- أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– كيف تنشأ الرابطة التساهمية؟ (نتيجة تشارك الذرتين بالإلكترونات)

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن الرابطة التساهمية تنشأ نتيجة تشارك الذرتين المكوّنتين

الجدول (3): تركيب لويس لبعض جُزَيئات تخالفُ قاعدةَ الثمانية.

عدد أزواج الإلكترونات حول الذرّة المركزيّة	تركيب لويس	الشكل البنائيّ للجزيء	الصيغة الجزيئيّة
2			$BeCl_2$
3			BCl_3
5			PCl_5
6			SF_6

من ثمانية، مثل ذرّة البيريليوم في الجزيء ($BeCl_2$)، وكذلك ذرة البورون في الجزيء (BCl_3)، وأحيانًا قد يزيد عددُ الإلكترونات المحيطة بالذرّة المركزيّة على ثمانية، مثل ذرّة الفسفور في الجزيء (PCl_5) وذرّة الكبريت في الجزيء (SF_6)، والجدولُ (3) يبيّنُ تركيبَ لويس لبعض هذه المركّبات.

يتّضحُ ممّا سبق أنّ الرابطة التساهميّة تنشأُ من تشارك ذرّتين بزوج واحد أو أكثرَ منَ الإلكترونات، إلّا أنّ هناك نوعًا منَ الروابط التساهميّة ينشأ نتيجة مشاركة إحدى الذرّتين بزوج منَ الإلكترونات في حين تشارك الذرّةُ الأُخرى بفلك فارغ؛ وتنشأُ رابطةٌ بين الذرّتين تسمّى **الرابطةَ التناسقيّة Coordinate Bond**، ومثال ذلك تكوينُ أيون الأمونيوم (NH_4^+)، الذي يَنتجُ من تفاعل محلول الأمونيا NH_3 معَ حِمض الهيدروكلوريك HCl، كما في المعادلة الآتية:

$$NH_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NH_{4\,(aq)}^{+} + Cl_{(aq)}^{-}$$

لها بزوج إلكترونات أوأكثر.

- ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

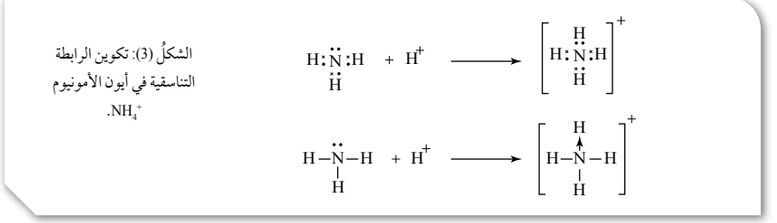
– هل يمكن أن تنشأ الرابطة التساهمية بين ذرتين دون أن تشارك كل ذرة بعدد من الإلكترونات؟ (يمكن)

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم وأبيّن لهم:

أنّ هناك نوعًا من الروابط التساهمية يمكن أن ينشأ بين ذرتين تشارك فيها إحدى الذرتين بزوج من الإلكترونات، وتشارك الذرة الأخرى بفلك فارغ تسمى الرابطة التناسقية.

- أقدّم لهم مثالًا على ذلك؛ تكوين ملح كلوريد الأمونيوم الذي ينتج من تفاعل الأمونيا مع حمض الهيدروكلوريك كما في المعادلة الآتية:

$$NH_3 + HCl \Rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$



الشكلُ (3): تكوين الرابطة التناسقية في أيون الأمونيوم NH_4^+.

ألاحظ منَ المعادلة أنّ ذرّة النيتروجين في جزيء الأمونيا تمتلكُ زوجًا منَ الإلكترونات غيرِ الرابطة، تشاركُ فيه معَ الفَلَكِ الفارغ لأيون الهيدروجين وتنشأ بينهما رابطةٌ تناسقية في أيون الأمونيوم (NH_4^+)، التي يُشار إليها بسهم صغير كما في الشكل (3).

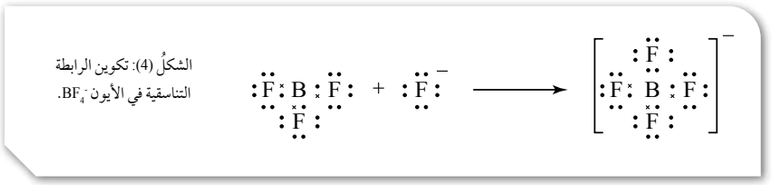
ومنَ الأمثلة أيضًا على مركّبات تكوّنُ روابطَ تناسقيّةً مركّبُ ثلاثي فلوريد البورون (BF_3)، الذي يتفاعلُ معَ حِمض الهيدروفلوريك (HF) مكوّنًا الأيون (BF_4^-)، كما في المعادلة:

$$BF_3 + HF \rightarrow BF_4^- + H^+$$

فذرّةُ البورون في الجزيء BF_3 تُكَوِّنُ ثلاثَ روابطَ تساهميّةٍ معَ ثلاث ذرّات منَ الفلور، وفي الوقت نفسِهِ تمتلكُ فلكًا فارغًا تتشاركُ به معَ زوج منَ الإلكترونات غيرِ الرابطة في أيون الفلوريد (F^-)، وتنشأُ بينَهُما رابطةٌ تناسقيّة في الأيون (BF_4^-)، كما في الشكل (4).

✓ **أتحقَّق:** أرسمُ تركيبَ لويس لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية، وأحدّد عددَ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة في ذرّتها المركزيّة:

OF_2 , BeH_2



الشكلُ (4): تكوين الرابطة التناسقية في الأيون BF_4^-.

◄ المناقشة:

- أعقد جلسة عصف ذهني: ثم أوجّه الطلبة إلى دراسة المعادلة في الشكل (4)، ثم أطرح السؤالين الآتيين:

– إذا علمت أن العدد الذري للبورون يساوي 5 فهل تمتلك ذرة البورون أفلاكا فارغة؟

– كيف يمكنها تكوين رابطة جديدة مع الأيون F^-؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن:

مستوى التكافؤ لذرة البورون هو ($2s^2 2p^1$) وأنها ترتبط بثلاث روابط تساهمية في الجزيء BF_3 ويبقى لديها أفلاكاً فارغة، يمكنها ان تشارك بأحدها مع الايون F^- الذي يشارك بزوج إلكترونات لتكوين رابطة تناسقية في الأيون BF_4^-.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

يعتمد هذا المفهوم على استقبال الحمض زوج إلكترونات غير رابط من القاعدة في أثناء التفاعل (لديه أفلاك فارغة)، وقدرة القاعدة على منح زوج إلكترونات غير رابط (لديها زوج إلكترونات غير رابط).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدم **إستراتيجية التفكير الناقد** أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3) ومقارنة أزواج الإلكترونات الرابطة في كل من جزيء الأمونيا NH_3، وأيون الهيدروجين H^+، ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– كيف تنشأ الرابطة بين أيون الهيدروجين وجزيء الأمونيا NH_3؟

- أستمع لإجابات الطلبة، وأناقشها معهم وأبيّن لهم أنّ:

أيون الهيدروجين H^+ ينفصل عن الحمض HCl تاركًا الإلكترون، وهو يمتلك فلكًا فارغًا، أما ذرة النيتروجين فهي تمتلك زوج إلكترونات غير رابط، وعند تكوين أيون الأمونيوم تشارك ذرة النيتروجين بزوج الإلكترونات غير الرابط ويشارك أيون الهيدروجين بالفلك الفارغ، وتنشأ بينهما رابطة تناسقية.

✓ **أتحقَّق:**

BeH_2: ${}_4Be: 1s^2\underline{2s^2}$ ${}_1H: \underline{1s^1}$

عدد إلكترونات التكافؤ: $H = 1$, $Be = 2$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$Total(v.e) = (v.e)_{Be} \times n_{Be} + (v.e)_H \times n_H$$

$$2 \times 1 + 1 \times 2 = 4\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ: 2

H – Be – H

تركيب لويس H : Be : H

عدد أزواج الإلكترونات الرابطة = 2

لا يتبقى أزواج إلكترونات غير رابطة

OF_2: ${}_8O: 1s^2\underline{2s^2 2p^4}$ ${}_9F: 1s^2\underline{2s^2 2p^5}$

عدد إلكترونات التكافؤ: $F = 7$, $O = 6$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$Total(v.e) = (v.e)_O \times n_O + (v.e)_F \times n_F$$

$$6 \times 1 + 7 \times 2 = 20\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ: 10

أحدد الذرة المركزية وأوزّع عليها الذرات الأخرى:

F – O – F

تركيب لويس :F:O:F:

عدد أزواج الإلكترونات الرابطة = 2

عدد أزواج إلكترونات غير رابطة = 2

◄ المناقشة:

- أقسّم الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية اثنِ – مرّر، أكتب على أوراق عدة السؤال الآتي:

– كيف يصل الجزيء إلى حالة الثبات والاستقرار رغم تنافر أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية؟

- أوزّع ورقةً منها على كل مجموعة، وأطلب إلى أحد أفراد كل مجموعة كتابة إجابة السؤال وتمرير الورقة إلى زميله ليكتب إجابته، وهكذا وبعد وقت مناسب أطلب إليهم التوقف عن تمرير الورقة ليقرأ الطالب الأخير الإجابات.
- أناقش الإجابات معهم، ثم أبيّن لهم أن أزواج الإلكترونات تتنافر في ما بينها فتتوزع حول الذرة المركزية، بحيث تكون أبعد ما يمكن عن بعضها بعضًا، والتنافر بينها أقل ما يمكن ممّا يجعلها أكثر ثباتا واستقرارا. وأبيّن لهم أن ذلك هو مضمون نظرية تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ. وبناء عليها يتم تحديد الزاوية بين الروابط والشكل الفراغي للجزيء.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (4) والتعرف على ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في بعض الجزيئات وشكلها الفراغي. ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية في كل جزيء؟

– ما مقدار الزاوية بين الروابط في جزيء؟

– ما الشكل الفراغي المتوقع لكلٍّ جزيء؟

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أنه كلما زادت المسافة الفاصلة بين أزواج الإلكترونات يقل التنافر في ما بينها، وبذلك فإن أقل تنافر يتحقق عندما تكون أزواج الإلكترونات أبعد ما يمكن.

وأوضّح لهم أن التنافر يحدث بين أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة، وبهذا يتحدد مقدار الزاوية بين الروابط والشكل الفراغي للجزيء.

ثم أبيّن لهم أنه كلما زاد عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية يزداد التنافر بينها ويقل مقدار الزاوية بين الروابط.

تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ
Valence Shell Electrons Pair Repulsion (VSEPR)

تحيطُ بالذرّة المركزيّة في الجزيء أزواجٌ منَ الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة، تتنافرُ في ما بينها فتترتّبُ بالنسبة إلى بعضها بعضًا؛ ليتّخذَ الجزيءُ شكلًا فراغيًّا يكونُ فيه التنافرُ بين أزواج الإلكترونات أقلَّ ما يمكن؛ ما يجعلُ الجزيءَ أكثرَ ثباتًا واستقرارًا.

يسهمُ الشكلُ الفراغيُّ للجزيء في تحديد كثيرٍ من خصائصه الفيزيائيّة. فكيف يُحَدَّدُ الشكلُ الفراغيّ للجزيء؟ وكيف تتوزّعُ أزواجُ الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة في الجزيئات المختلفة؟

اقترحَ الكيميائيون نظريّةً عُرفت بنظريّة **تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ (VSEPR)**، التي يمكنُ عن طريقها التنبُّؤُ بأشكال الجزيئات؛ فهي تفترضُ أنّ أزواج إلكترونات التكافؤ تترتّبُ حولَ الذرّة المركزية بحيث تكونُ أبعدَ ما يمكن ليكونَ التنافرُ في ما بينها أقلَّ ما يمكن، وبهذا يمكنُ تحديدُ مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء، وتوقُّعُ شكلِهِ الفراغيّ. ويبيّنُ الجدولُ (4) ترتيبَ أعدادٍ مختلفة من أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة ومقدارَ الزاوية بين الروابط والشكلَ المتوقّع.

✓ **أتحقّق**: ما العلاقة بين عدد أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة ومقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء.

الجدول (4): ترتيبُ أعدادٍ مختلفة من أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة ومقدارَ الزاوية بين الروابط والشكلَ المتوقّع

اسم الشكل	الزاوية بين الروابط	ترتيب أزواج الإلكترونات	عدد أزواج الإلكترونات الرابطة	عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة
خطّيٌّ	180°		زوجان	لا يوجد
مثلث مستوٍّ	120°		ثلاثة أزواج	لا يوجد
رباعيّ الأوجه منتظم	109.5°		أربعة أزواج	لا يوجد
هرم ثنائي مثلث	90°، 120°		خمسة أزواج	لا يوجد
ثماني السطوح	90°		ستة أزواج	لا يوجد
منحنٍ	104.5°		زوجان	زوجان
هرم ثلاثي	107°		ثلاثة أزواج	زوج واحد

نشاط سريع **بناء نماذج لبعض الجزيئات**

أُكلّف بعض الطلبة ببناء نماذج لبعض الجزيئات الموجودة في الجدول باستخدام مجموعة نماذج الذرات والجزيئات، وقياس الزاوية بينها باستخدام فرجار الزاوية، ومقارنة النتائج التي يجرى الحصول عليها بالبيانات المتوافرة في الجدول.

✓ **أتحقّق**: ألاحظ أنه كلما زاد عدد أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية يقل مقدار الزاوية بينها.

يتّضحُ منَ الجدول أنَّه عند وجود زوجين منَ الإلكترونات الرابطة فإنّهما سيترتّبان على جانبي الذرّة المركزيّة ليكونَ التنافرُ بينَهُما أقلَّ ما يمكن، وتكونُ الزاوية بينهما (180°)، وينتج عن ذلك شكلٌ **خطّيٌّ Linear** للجزيء، ومثالُ ذلك جزيءُ (BeF_2). أنظرُ الشكلَ (5).

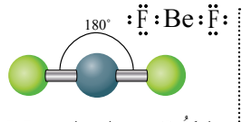
أمّا في حال وجود ثلاثة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة فإنّها تكونُ أبعدَ ما يمكن عندما تكونُ الزاويةُ بينها (120°)، ويكون شكلُ الجزيء **مثلّثًا مستويًا Trigonal Planar**، كما في جزيء (BCl_3). أنظرُ الشكلَ (6).

وإذا وُجدت أربعةُ أزواج منَ الإلكترونات الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة فإنّها تترتّبُ باتّجاه زوايا رؤوس **رباعيّ الأوجه منتظم Tetrahedral**، وتكونُ الزاويةُ بين الروابط (109.5°). أنظرُ الشكلَ (7) الذي يبيّنُ الشكلَ الفراغيَّ لجزيء (CH_4).

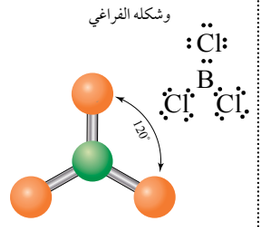
وفي حال وجود خمسة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة فإنّها تتوزّعُ باتّجاه رؤوس **هرم ثنائيّ مثلّث Trigonal Bipyramidal**، وتكونُ الزاوية بين الروابط (90°, 120°)، كما في الجزيء (PCl_5). أنظرُ الشكلَ (8).

وإذا أُحيطت الذرّةُ المركزيّة بستة أزواج منَ الإلكترونات فإنّها تتوزّعُ باتّجاه رؤوس **ثمانيّ السطوح Octahedral**، وتكون الزاوية بين الروابط (90°)، كما في الجزيء (SF_6). أنظرُ الشكلَ (9).

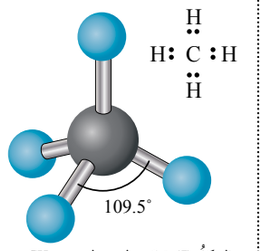
يتضح من الأمثلة السابقة أنّ جميع الذرّات المركزيّة تُكَوِّنُ روابطَ أُحاديّة وأنّها لا تمتلكُ أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة، فماذا لو ارتبطت الذرّاتُ بروابطَ ثنائيّةٍ أو ثلاثيّة، فهل يختلفُ الشكلُ الفراغيُّ للجزيء؟ وهل يختلفُ مقدارُ الزاوية بين الروابط إذا امتلكتِ الذرّةُ المركزية أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة؟



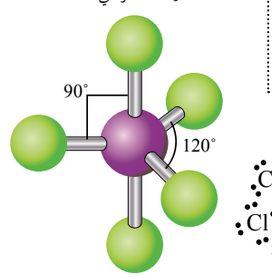
الشكلُ (5): تركيب لويس لجزيء BeF_2 وشكله الفراغي



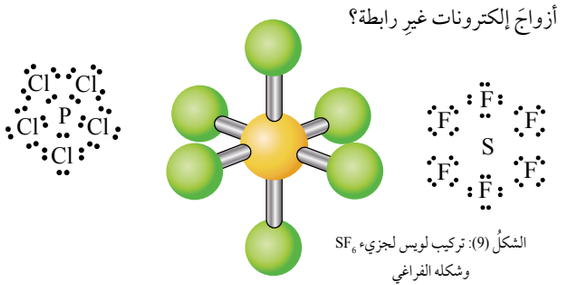
الشكلُ (6): تركيب لويس لجزيء BCl_3 وشكله الفراغي



الشكلُ (7): تركيب لويس لجزيء CH_4 وشكله الفراغي



الشكلُ (8): تركيب لويس لجزيء PCl_5 وشكله الفراغي



الشكلُ (9): تركيب لويس لجزيء SF_6 وشكله الفراغي

طريقة أخرى للتدريس — أزواج الإلكترونات وأشكال بعض الجزيئات

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني** أنظم الجدول الآتي على اللوح:

الجزيء	BeF_2	BCl_3	CH_4	PCl_3	SF_6	
العنصر	P	Be	F	C	Cl	S	B
العدد الذري	15	4	9	6	17	16	5

- أقسّم الطلبة إلى خمس مجموعات ثم أوزّع على كل مجموعة الصيغة الجزيئية لأحد الجزيئات ومجموعة نماذج الجزيئات.
- أطلب إليهم كتابة تركيب لويس للجزي المخصص لهم وبناء نموذج للجزيئات(BCl_3, BeF_2, CH_4, SF_6, PCl_3,) وقياس مقدار الزاوية بين الروابط وتوقع الشكل الفراغي لكلٍّ منها.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض النتائج. وأتابع عرض المجموعات وأناقش النتائج معهم.
- أقدم ملخصًا يتضمن كيفية ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في الجزيء ومقدار الزاوية بين الروابط والشكل المتوقع لكلٍّ جزيء.
- ثم أوجّه الطلبة إلى مقارنة النتائج التي توصلوا إليها مع الأشكال ذوات الأرقام (5، 6، 7، 8، 9) في الكتاب.

استخدام الصور والأشكال:

- أقسّم الطلبة إلى خمس مجموعات ثم أُكلّف كلًّا منها بدراسة أحد الأشكال (5، 6، 7، 8، 9)، ثم أوجّه مجموعات الطلبة إلى دراسة الشكل المخصص لكلٍّ مجموعة وإجابة الأسئلة الآتية بالنسبة لكلٍّ شكل:
  - ما عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية في الشكل؟
  - كيف تترتب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية في الشكل؟
  - هل تمتلك الذرات المركزية أزواج إلكترونات غير رابطة؟
  - ما مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء؟
  - ما الشكل الفراغي المتوقع للجزيء؟
- أتابع عمل المجموعات موجّها وميسّرا للعمل.
- أطلب إلى كل مجموعة عرض ما تتوصل اليه.
- أستمع عرض المجموعة وأناقشها النتائج التي تتوصل اليها. ثم أقدم ملخصًا لما توصلت إليه المجموعات مؤكدا أن أزواج الإلكترونات تتوزع حول الذرة المركزية، بحيث تكون أبعد ما يمكن والتنافر بينها أقل ما يمكن، وبالتالي فإنها تتوزع باتجاه زاوية رأس الشكل الفراغي الذي يتخذه الجزيء.

أخطاء شائعة

يواجه بعض الطلبة صعوبة في تحديد الذرة المركزية في الجزيء، أوضّح لهم أنها الذرة التي تحاط بأكبر عدد من الروابط أو الذرات الأخرى.

كما قد يعتبر بعضهم ان أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرات الطرفية من الأزواج غير الرابطة، الأمر الذي قد يتسبب في عدم القدرة على تحديد الشكل الفراغي للجزيء، أوضّح لهم أن أزواج الإلكترونات غير الرابطة التي تحدد الشكل الفراغي للجزي هي التي تحيط بالذرة المركزية فقط.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (5) والتعرف إلى ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية وأشكال بعض الجزيئات التي تحتوي على روابط ثنائية أو ثلاثية.

أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

- أيّ الجزيئات في الجدول يكوّن روابط ثنائية، وأيُّها يكوّن روابط أحادية، وأيها يكون روابط ثلاثية؟

بعض الجزيئات تكون روابط ثنائية، مثل ثاني أكسيد الكربون، والإيثين، وبعضها يكوّن روابط ثلاثية، مثل سيانيد الهيدروجين. وبعضها الآخر يكون روابط أحادية مثل الأمونيا والماء.

- كيف تتوزع أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية لكلٍّ من الجزيئات CO_2, C_2H_4, HCN؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم توزيع أزواج الإلكترونات المشتركة في كل من هذه الجزيئات ومقدار الزاوية بين الروابط والشكل الفراغي لكلٍّ جزيء منها.

- ما أثر وجود الرابطة الثنائية أو الثلاثية على توزيع أزواج الإلكترونات بين الذرات والشكل الفراغي للجزيء؟

أبيّن لهم أن الرابطة الثنائية أو الثلاثية تُعامل معاملة الرابطة الأحادية، وأن وجود زوجين من الإلكترونات المشتركة أو ثلاثة أزواج مشتركة لا يؤثر في توزيع أزواج الإلكترونات الأخرى بين الذرات، ولا يؤثر على الشكل الفراغي للجزيء.

الجدول (5): الشكل الفراغيّ ومقدار الزاوية بين الروابط لعدد منَ الجزيئات

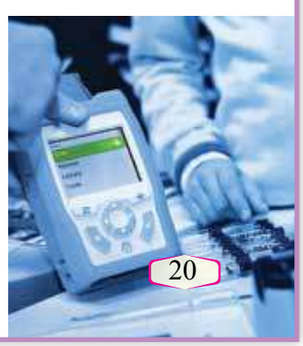
اسم الجزيء	تركيب لويس	الشكل الفراغي	اسم الشكل
جزيئات لا تمتلك ذرّتُها المركزيّة أزواجَ إلكترونات غير رابطة وَتُكَوِّنُ روابط ثنائيّة أو ثلاثيّة			
ثاني أُكسيد الكربون	$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$	$O=C=O$ (180°)	خطّيٌّ
الإيثين	$H:\underset{H}{\overset{H}{C}}::\underset{H}{\overset{H}{C}}:H$	H–C=C–H (120°)	مثلث مستوٍ حولَ كلّ ذرّة كربون
سيانيد الهيدروجين	$H:C:::N:$	$H-C\equiv N$ (180°)	خطّيّ
جزيئات تُكَوِّنُ روابطَ أحاديّةً وتمتلكُ ذرّتُها المركزيّة أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة			
الأمونيا	$H:\underset{H}{\overset{H}{\ddot{N}}}:H$	H–N–H (107°)	هرم ثلاثي
الماء	$H:\ddot{O}:H$	H–O–H (104.5°)	مُنحَنٍ

يبيّنُ الجدولُ (5) الشكلَ الفراغيَّ ومقدارَ الزاوية بين الروابط لعدد منَ الجزيئات. ألاحظ أنّ ذرّة الكربون في جزيء ثاني أُكسيد الكربون (CO_2) تشترك معَ كلّ ذرّة أُكسجين بزوجين منَ الإلكترونات وَتُكَوِّنُ رابطةً ثنائيّة معَ كلّ منهما، وأنّ أزواج الإلكترونات تترتّبُ على جانبي ذرّة الكربون بزاوية (180°) ويكونُ الشكلُ الناتجُ خَطِّيًّا.

الربطُ بالتكنولوجيا

تحليلُ رامان الطيفيّ Raman Spectroscopy

يُستخدمُ هذا التحليلُ لتعرُّفِ تركيب المادّة وخصائصها، وهو يعتمدُ على قدرة جُزيئات المادّة على تشتيت الضَّوء؛ حيث يوفِّرُ معلوماتٍ حولَ الاهتزازات التي تحدثُ داخلَ الجُزيئات والجُزيئات التي حولَها، وتساعدُ هذه المعلوماتُ على تعرُّفِ البنيةِ الشبكيّة البلورية للمادّة، وأشكالِ الجُزيئات، كما يُستخدمُ في خطِّ عمليّات الإنتاج لمراقبة عمليّات البلورة والكشف عن آليات التفاعل وَسِماته الحركيّة. وهناك أنواعٌ متعدّدةٌ مِنَ الأجهزة الحديثة التي تعملُ على تحليل رامان الطيفيّ في مجالات متنوّعة، مثل الصناعاتِ الدوائيّة والصناعات الغذائيّة والأنظمة البصريّة وغيرها.



القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** التفكير: التحليل**

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

الربطُ بالتكنولوجيا

- أوجّه الطلبة إلى دراسة موضوع الربط بالتكنولوجيا، ثم أوجّه إليهم السؤالين الآتيين:

- ما هو تحليل رامان الطيفي؟
- ما أهميته؟

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن تحليل رامان الطيفي هو تحليل يعتمد على قدرة الجزيئات على تشتيت الضوء، ويوفر معلومات حول اهتزاز الجزيئات، مما يساعد على تعرف البنية البلّوْرية للجزيئات وأشكالها، وعلى تركيب المادة وخصائصها، ويساعد في الكشف عن آليات التفاعل وحركيّته، ثم أبيّن لهم مجالات استخدام تحليل رامان الطيفي.

وبالنظر إلى جزيء الإيثين (C_2H_4) أجد أنّ ذرّتي الكربون ترتبطان برابطة ثنائيّة؛ أي أنّ هناك زوجين منَ الإلكترونات المشتركة بينَهُما، وزوجين مشتركين معَ ذرّتي الهيدروجين، وبهذا تترتّبُ هذه الأزواجُ باتّجاه رؤوس مثلّث مستوٍ حولَ كلّ ذرّة كربون، وتكون الزاوية بين الروابط (120°)؛ أي أنّ الشكلَ الفراغيّ للجزيء مثلّثٌ مستوٍ حولَ كلّ ذرّة كربون.

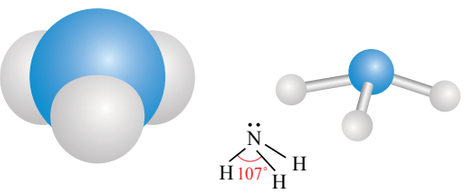
وإذا نظرتُ إلى جزيء سيانيد الهيدروجين (HCN) أجدُ أنّ الكربون يرتبط بذرّة النيتروجين برابطة ثلاثيّة؛ أي أنّ هناك ثلاثة أزواج منَ الإلكترونات المشتركة بينَهُما، وزوجًا منَ الإلكترونات المشتركة معَ ذرّة الهيدروجين، تترتّبُ على جانبي ذرّة الكربون المركزيّة بزاوية (180°)، ويكون الشكلُ الناتج لجزيء (HCN) خَطِّيًّا.

تمتلكُ الذرّاتُ المركزيّة في بعض الجزيئات أزواجًا منَ الإلكترونات غيرِ الرابطة، تتنافرُ بقوّة أكبرَ من تنافر أزواج الإلكترونات الرابطة، فتكون الزاويةُ بينها أكبر منَ الزاوية بين أزواج الإلكترونات الرابطة، ويمكنُ ملاحظة ذلك في كلٍّ من جزيئات الأمونيا وجزيئات الماء.

فمثلًا، تُحاط ذرّةُ النيتروجين (N) في جزيء الأمونيا (NH_3) بأربعة أزواج منَ الإلكترونات كما في ذرّة الكربون في جزيء الميثان (CH_4)، إلّا أنّ أحد هذه الأزواج غيرُ رابط، ويتنافرُ معَ أزواج الإلكترونات الرابطة بقوّة أكبرَ منَ التنافر في ما بين هذه الأزواج، فيضغطُ عليها ويقلّلُ الزاوية بينها لتصبح (107°)، وهي أقلُّ منَ الزاوية بين الروابط في جزيء الميثان، التي تساوي (109.5°)؛ ونتيجة لذلك يكون الشكلُ الفراغيُّ لجزيء الأمونيا **هَرَمًا ثلاثيًّا Trigonal Pyramidal**. أنظرُ الشكلَ (10).

أفكّرُ يحقّقُ الأُكسجينُ في مركّباته قاعدةَ الثمانية، فما الشكلُ المتوقع لجزيء الأوزون O_3؟ وكيف تترتّبُ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة؟

أستخدم برنامجَ صانع الأفلام (Movie Maker)، وأصمم فيلمًا أشرح فيه نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ وأشكال الجزيئات، ثمّ أعرضه أمام زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكلُ (10): الشكل الفراغي لجزيء الأمونيا (NH_3).

أوجّه الطلبة إلى تصميم فيلم باستخدام برنامج صانع الأفلام لتوضيح نظرية تنافر أزواج الإلكترونات مستوى التكافؤ، ومشاركته زملائهم/ زميلاتهم في الصف.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التنبؤ**

أتوقّع الأحداث القادمة في سياق معين بناءً على مُعطيات حالية، أو خبرات سابقة، أو تجارب عملية تمّ أتوصّل فيها إلى نتائج وحقائق، وترتبط هذه المهارة بمهارات الاستنتاج والتصنيف والتحليل وهي المهارات الأساسية المطلوبة لتنمية مهارة النقد أيضًا ، ويتطلب إتقان هذه المهارة التعرف على تسلسل الأحداث السابقة وعوامل حدوثها والربط بينها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) والتعرّف إلى الشكل الفراغي لجزيء الأمونيا.
- أوجّه إليهم السؤالين الآتيين:

– ما عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بذرة النيتروجين في جزيء الأمونيا NH_3؟ (4 أزواج) هناك أربعة أزواج من الإلكترونات، ثلاثة منها رابطة وزوج واحد غير رابط.

– ما أثر وجود أزواج إلكترونات غير رابطة على مقدار الزاوية بين الروبط في الجزيء وشكله؟ (يزيدها، يقلل منها)

أستمع إجاباتهم، ثم أبيّن لهم ان الذرة المركزية N تحاط بأربعة أزواج إلكترونات كما في جزيء الميثان CH_4، أحدها غير رابط، ويتنافر مع أزواج الإلكترونات الرابطة بقوة أكبر من تنافر أزواج الإلكترونات الرابطة في ما بينها، فيضغط على الروابط، ويقل مقدار الزاوية بينها عن ما يُتوقّع في جزيء الميثان CH_4، وهي 109.5°، ويكون مقدار الزاوية 107°، ويكون الشكل الفراغي للجزيء هرم ثلاثي كما يظهر في الشكل (10) وهو مشتق من الشكل رباعي الأوجه المنتظم.

أفكّرُ

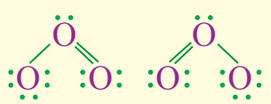
$O: 1s^2 2s^2 2p^4$

عدد إلكترونات التكافؤ = 6

مجموع عدد إلكترونات التكافؤ = $6 \times 3 = 18$

عدد أزواج الإلكترونات = 9

يتخذ توزيع أزواج الإلكترونات حول ذرات الأكسجين احد الشكلين الآتيين:



فيكون الشكل الفراغي لجزيء O_3 منحنيًا.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل الفراغي لجزيء الماء في الشكل (11)، وأطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– ما عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة حول ذرة الأكسجين في جزيء الماء H_2O؟ (زوجين)

– ما أثر وجود هذه الأزواج على مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء والشكل الفراغي؟ (يقلل منها)

هناك أربعة أزواج من الإلكترونات تحيط بذرة الأكسجين، اثنان منها غير رابطة، ويكون التنافر بينها أكبر من تنافر أزواج الإلكترونات الرابطة، وتضغط على الروابط بقوة أكبر من زوجي الإلكترونات الرابطة، ويقل مقدار الزاوية عن 109.5° إلى 104.5°، ويتخذ الجزيء الشكل المنحني.

✓ **أتحقَّق:**

الجزيء	BeH_2	BF_3	C_2H_2
الشكل الفراغي	خطي	مثلث مستو	خطي
مقدار الزاوية	180°	120°	180°

التجربةُ ١

أزواج الإلكترونات والأشكال الفراغية للجزيئات.

الهدف: استكشافُ أشكال بعض الجُزَيئات.

زمن التنفيذ: 20 min

إرشادات السلامة:

أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر، وارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

المهارات العلمية: التصميم، القياس، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والادوات وأتفقد مجموعة نماذج الجزيئات وجاهزيتها قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المهمات، حيث تنفّذ كل مجموعة تصميم نموذج لأحد الجزيئات.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابعهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوّم أداءهم، وأتأكد أنهم تمكنوا من تصميم الشكل بطريقة صحيحة، وقياس الزاوية بشكل صحيح.
- أطلب إلى المجموعات تبادل البيانات التي جرى الحصول عليها وتسجيلها في الجدول في كراس الأنشطة والتجارب العملية، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

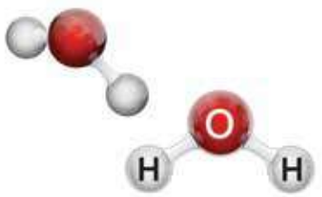
التحليل والاستنتاج:

1. يحتل كل زوج من الإلكترونات حيّزا من الفراغ المحيط بالذرة المركزية، وبهذا فإن الفراغ المحيط بالذرة يتوزع على أزواج الإلكترونات، وبزيادة عدد أزواج الإلكترونات يقل حجم الفراغ المخصص لكلٍّ منها، مما يقلل من مقدار الزاوية بين الروابط.
2. تحتل أزواج الإلكترونات غير الرابطة حيزا في الفراغ المحيط بالذرة أكبر من الحيز الذي تحتله الأزواج الرابطة، وتتنافر في ما بينها بقوة أكبر من التنافر بين الأزواج الرابطة، فتضغط على الروابط بقوة أكبر ويقل مقدار الزاوية.

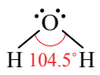
تقويم تجربة أزواج الإلكترونات والأشكال الفراغية للجزيئات.

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تصميم نموذج الشكل الفراغي للجزي بشكل صحيح		
2	قياس الزاوية بين الروابط بطريقة صحيحة.		
3	توقع الشكل الفراغي للجزيء بشكل صحيح.		



الشكلُ (11): الشكل الفراغي لجزيء الماء.



أمّا ذرّةُ الأُكسجين في جزي الماء (H_2O) فتحاط بزوجين مِنَ الإلكترونات غيرِ الرابطة يتنافران في ما بينهما بقوّة أكبرَ منَ التنافر بين زوجي الإلكترونات الرابطة، فيضغطان عليهما وتقلّ الزاوية بين الرابطتين لتصبح (104.5°)، ويكون الشكلُ الفراغيُّ لجزي الماء **مُنحنيًا Bent**. أنظرُ الشكلَ (11).

✓ **أتحقَّق:** أقارنُ بين الجزيئات الآتية من حيثُ الشكلُ الفراغيُّ ومقدارُ الزاوية بين الروابط:

C_2H_2 , BF_3 , BeH_2

التجربةُ ١

أزواج الإلكترونات والأشكال الفراغيّة للجزيئات

الموادُّ والأدوات:

مجموعةُ نماذجِ الجزيئاتِ (الكراتُ، والوصلاتُ)، فرجار قياس الزاوية، نموذج للجدول الدوري.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.
- أستخدم الفرجار بحذر.

خطواتُ العمل:

1- **أُصمّمُ:** بالرجوع إلى جدول أشكال الجزيئات، أختارُ عددًا مناسبًا منَ الكرات مختلفة الحُجوم وعددًا مناسبًا منَ الوصلات، وأُصمّمُ شكلًا بنائيًا لجزيء الإيثان (C_2H_6)، ثمَّ أرسُمُ الشكلَ الناتج.

2- **أقيسُ** مقدارَ الزاوية بين الوصلات، ثمّ أُسجِّلُها.

3- **أُسجّلُ البيانات:** أدوّنُ عددَ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة.

4- **أتوقّع:** ما الشكلُ الفراغيُّ للجزيء؟

5- أُعيدُ الخطواتِ السابقةَ لكلٍّ منَ الجزيئات الآتية: NF_3 , H_2O , C_2H_4

6- **أُقارن** بين أشكال الجزيئات وعددِ أزواج الإلكترونات الرابطة وغيرِ الرابطة ومقدارِ الزاوية بين الروابط.

التحليلُ والاستنتاج:

1- **أُفسّرُ** العلاقةَ بين مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء وعددِ أزواج الإلكترونات حولَ الذرّة المركزيّة.

2- **أستنتج** أثرَ وجود أزواج الإلكترونات غيرِ الرابطة في مقدار الزاوية بين الروابط.

أبحثُ: أرجع إلى مواقعَ إلكترونيّة مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ عن توزيع أزواج الإلكترونات حولَ الذرّات في كلٍّ من: (PO_4^{3-}, SO_3, NO_2) والأشكال الفراغيّة لكلٍّ منها، وأكتبُ تقريرًا بذلك، أو أُصمّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

مراجعةُ الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضّحُ سببَ اختلاف الأشكال الفراغية للجُزَيئات.

2 - أوضّحُ المقصودَ بكلٍّ من: مستوى التكافؤ، الرابطة التناسقيّة، أزواج الإلكترونات غير الرابطة، نظريّة تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ.

3 - أرسمُ تركيبَ لويس والأشكالَ الفراغيّة لكلٍّ منَ الآتية:

أ . ثنائي فلوريد الأُكسجين OF_2.

ب . رباعي كلورو ميثان CCl_4.

جـ. أيون الهيدرونيوم H_3O^+.

4 - **أُفسِّرُ:**

أ . يختلف مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيئات (H_2O, NH_3, CH_4)، رغم أنّ الذرّة المركزيّة في كلٍّ منها تُحاط بأربعة أزواج منَ الإلكترونات.

ب . لجزيءِ ثاني أُكسيد الكربون CO_2 شكلٌ خطّيّ، بينما لجزيءِ الماء H_2O شكلٌ مُنحَنٍ.

5 - عنصران افتراضيان ($_5X$, $_7Y$)، يرتبطُ كلٌّ منهما معَ الهيدروجين مكوّنًا الصيغة (XH_3 , YH_3).

أقارن بين الجزيئين من حيث:

أ . تركيبَ لويس لكلٍّ منهما.

ب . الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ منهما.

جـ. مقدارُ الزاوية بين الروابط في كلٍّ منهما.

د . امتلاك أزواجَ إلكترونات غيرِ رابطة.

أبحثُ: أوجّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن توزيع أزواج الإلكترونات حول الذرات في كل من (PO_4^{3-}, SO_3, NO_2) ثم كتابة تقرير بذلك، أوْ إعداد عرض تقديمي عن الموضوع، وأناقشه معهم.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 تختلف أشكال الجزيئات بسبب اختلاف عدد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة المحيطة بالذرة المركزية والتنافر الناشئ بينها.

2 **مستوى التكافؤ:** المستوى الخارجي للذرة ويحتوي الإلكترونات التي تحدد نوع الرابطة التي تكونها الذرة.

الرابطة التناسقية: إحدى أنواع الروابط التساهمية، تنشأ نتيجة مشاركة إحدى الذرتين بزوج من الإلكترونات في حين تشارك الذرة الأخرى بفلك فارغ.

أزواج الإلكترونات غير الرابطة: أزواج من الإلكترونات في مستوى التكافؤ تحيط بالذرة لا تشارك في تكوين الروابط.

نظرية تنافر أزواج إلكترونات مستوى التكافؤ: نظرية تفترض أن أزواج إلكترونات التكافؤ تترتب حول كل ذرة، بحيث تكون أبعد ما يمكن، ليكون التنافر في ما بينها أقل ما يمكن. وبهذا يمكن توقع الشكل الفراغي للجزيء والزاوية بين الروابط.

3 أ . الجزيء OF_2

$_8O: 1s^2 2s^2 2p^4$ $_9F: 1s^2 2s^2 2p^5$

عدد إلكترونات التكافؤ: $F = 7$, $O = 6$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$Total(v.e) = (v.e)_O \times n_O + (v.e)_F \times n_F$$
$$6 \times 1 + 7 \times 2 = 20\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ: 10

أحدد الذرة المركزية وأوزّع عليها الذرات الأخرى:

F – O – F

تركيب لويس :F : O : F:

الشكل الفراغي للجزيء: منحني

ب. الجزيء CCl_4

$_6C: 1s^2 2s^2 2p^2$ $_{17}Cl: [Ne]\ 3s^2 3p^5$

عدد إلكترونات التكافؤ: $Cl = 7$, $C = 4$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$Total\ (v.e) = (v.e)_C \times n_C + (v.e)_{Cl} \times n_{Cl}$$
$$4 \times 1 + 7 \times 4 = 32\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ: 16

أحدّد الذرة المركزية وأوزّع عليها الذرات الأخرى:

وزعت أربعة أزواج من الإلكترونات ويتبقى 12 زوج توزع على ذرات الكلور؛ فيكون تركيب لويس كما يأتي:

الشكل الفراغي للجزيء: رباعي الأوجه منتظم

جـ. الأيون H_3O^+

$_8O: 1s^2 2s^2 2p^4$ $_1H: 1s^1$

عدد إلكترونات التكافؤ: $H = 1$, $O = 6$

عدد إلكترونات التكافؤ الكُلّي:

$$Total(v.e) = (v.e)_O \times n_O + (v.e)_H \times n_H - 1$$
$$6 \times 1 + 1 \times 3 - 1 = 8\ e$$

عدد أزواج إلكترونات التكافؤ: 4

أحدد الذرة المركزية وأوزّع عليها ذرات الهيدروجين:

تم توزيع ثلاثة أزواج إلكترونات ويتبقى زوج يوزع على ذرة O فيكون تركيب لويس كما يأتي:

ويكون الشكل الفراغي للجزيء هرم ثلاثي

4 أ . تحاط ذرة الكربون في الجزيء CH_4 بأربعة أزواج من الإلكترونات الرابطة تتنافر في ما بينها، ويكون مقدار الزاوية بين الروابط 109.5°، أما في جزيء NH_3 فإنه يوجد زوج من الإلكترونات غير الرابطة يتنافر مع أزواج الإلكترونات الرابطة بقوة أكبر من التنافر الحادث في ما بينها، وبذلك يقل مقدار الزاوية بين الروابط إلى 107°، وفي جزيء الماء فهناك زوجان من الإلكترونات غير الرابطة يكون التنافر بينها وبين أزواج الإلكترونات الرابطة أكبر مما هو في حالة جزيء NH_3 وبذلك يقل مقدار الزاوية أكثر مما هو في جزيء NH_3 ليصبح 104.5°.

ب. يتخذ جزيء CO_2 شكلا خطيًا بسبب عدم وجود أزواج إلكترونات غير رابطة؛ فتتوزع أزواج الإلكترونات على طرفي ذرة الكربون ويكون الشكل خطيا، بينما في جزيء الماء يوجد زوجان من الإلكترونات غير الرابطة يتنافران في ما بينهما بقوة أكبر من التنافر بين زوجي الإلكترونات الرابطة، فيضغطان عليها وتقل الزاوية بين الروابط لتصبح (104.5°)، ويكون الشكل الفراغي لجزي الماء منحنيا.

5 أ . أكتب تركيب لويس لكلٍّ منهما

ب. 107°

جـ. 120°

د . YH_3

الدرس 2

الروابط والأفلاك المتداخلة
Bonds and Overlapped Orbitals

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

أكتب الفكرة الرئيسة على السبورة، أو أعرضها باستخدام جهاز العرض (Data Show) ثم أبيّن للطلبة أن الرابطة المشتركة تنشأ نتيجة تداخل أفلاك التكافؤ نصف الممتلئة بالإلكترونات في الذرّتين المكونتين للرابطة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجّه السؤالين الآتيين إلى الطلبة:

– كيف تتوزع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة حول الذرة المركزية في الجزيء؟

أستمع إجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أذكّرهم بنظرية تنافر أزواج الإلكترونات (VSEPR)، وكيفية توزيع أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية ليكون الجزيء أكثر ثباتا واستقرارا.

– ما أثر ترتيب أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية على الشكل الفراغي للجزيء؟

أوضّح لهم أنه نتيجة التنافر بين أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرة المركزية فإنها تترتب في أبعاد محددة بالنسبة إلى بعضها بعضا، وبذلك يتحدد مقدار الزاوية بين الروابط في الجزيء، ويتحدد شكله الفراغيّ.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– كيف تتوزع الإلكترونات المشتركة على أفلاك مستوى التكافؤ في الذرتين المكونتين للرابطة؟ (في المنتصف بينهما، اقرب الى احدى الذرتين، في الافلاك نصف الممتلئة)

أستمع إجاباتهم ثم أدير نقاشًا بينهم حول ذلك، ثم أبيّن لهم أن الكيميائيين اقترحوا نظريتين لتوضيح ذلك؛ إحداهما نظرية رابطة التكافؤ التي ستجري دراستها في هذا الدرس.

◄ بناء المفهوم: الكثافة الإلكترونية

- أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– ماذا يحدث للأفلاك نصف الممتلئة عندما تشارك إلكتروناتها في تكوين الرابطة؟ (تصبح ممتلئة)

أستمع إجابات الطلبة وأناقشها معهم وأبيّن لهم أنه عند تكوين الرابطة تتداخل أفلاك التكافؤ للذرتين في المنطقة الفراغية المحيطة بكلّ منهما ويتحرك الإلكترونان حول الذرتين معا وينجذبان نحو نواتيهما، ويطلقُ على منطقة التداخل اسم الكثافة الإلكترونية وهي منطقة التداخل بين الذرتين التي يتركز فيها وجود إلكترونات الرابطة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدم **أسلوب: فكر، انتق زميلاً، شارك**، وأوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12) وأطلب إليهم تحديد موقع الكثافة الإلكترونية في جزيء H_2 بشكل فردي، ثم مناقشة ما توصل/ توصلت اليه مع زميله/ زميلتها، ثم يعرض كل زميلين/ زميلتين رأييهما .
- أدير نقاشًا بين الطلبة وأتوصّل معهم إلى أن الكثافة الإلكترونية تتركز بين الذرتين على طول المحور الواصل بين نواتيهما، وأن الذرتين تنجذبان نحوها، وبذلك تنشأ الرابطة المشتركة وتُصنّفُ من النوع سيجما (σ).

◄ الفكرة الرئيسة:

تنشأ الرابطةُ المشتركة نتيجة تداخل أفلاك التكافؤ نصفِ الممتلئة بالإلكترونات، ليصبح الفلَكُ المتداخلُ ممتلئًا ويحتوي على إلكترونين.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

– أوضحُ مفهوم التهجين والأفلاك المُهجَّنة.

– أميزُ بين الرابطة سيجما والرابطة باي.

– أتوصلُ إلى تحديد قطبيّة الجزيء.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:

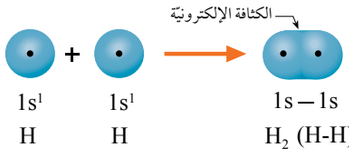
نظريّة رابطة التكافؤ
Valence Bond Theory
الكثافة الإلكترونيّة
Electronic Density
التهجين Hybridization
الأفلاك المُهجَّنة Hybrid Orbitals
العزم القطبي Dipole Moment

نظريّة رابطة التكافؤ Valence Bond Theory

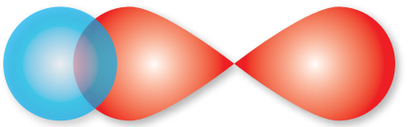
فسّرت نظريّة تنافر أزواج الإلكترونات تكوينَ الروابط بين الذرّات المختلفة في الجزيء والزوايا في ما بينها، وتمكّنت منَ التنبُّؤ بأشكال الجزيئات، إلّا أنّها لم توضّح كيفيّة توزُّع الإلكترونات في الأفلاك وَفقَ النظريّة الميكانيكيّة الموجيّة؛ ما دعا العلماء إلى البحث في كيفيّة تكوين الروابط وتوزيع الإلكترونات على الأفلاك عند تشكيل الروابط في الجزيئات، فوضعوا نظريتين أساسيتين لتفسير ذلك، هما **نظريّة رابطة التكافؤ Valence Bond Theory**، ونظريّة الأفلاك الجزيئية Molecular Orbital Theory. وفي هذا الدرس، سوف نتناولُ أهمَّ الأفكار الأساسيّة التي تضمّنتها نظريّة رابطة التكافؤ.

تداخُلُ أفلاك مستوى التكافؤ Valence Orbitals Overlap

تبيّن نظريّة رابطة التكافؤ أنه عند تكوين رابطة بين ذرّتين يتداخلُ فلَكُ تكافؤ إحداهُما معَ فلك تكافؤ الأُخرى في المنطقة الفراغيّة المحيطة بكلٍّ منهما، وهي منطقة لا تتّسع لأكثر من إلكترونين، ويتحرّك الإلكترونان حولَ كلٍّ منَ الذرّتين، وينجذبان نحوَ نواتيهما في الوقتِ نفسِه. يطلقُ على هـذه المنطقـة **الكثافـة الإلكترونيّة Electronic Density**، وهي منطقة التداخل بين الذرّتين التي يتركّزُ فيها وجودُ إلكترونات الرابطة. فمثلًا، عند ارتباط ذرّتي هيدرجين لتكوين جزيء (H_2)، نجد أنّ كلَّ ذرّة هيدروجين تمتلكُ إلكترونًا واحدًا في الفلَك (1s) ذي الشكل الكرويّ، وعند اقتراب الذرّتين من بعضهما يتداخلُ فلكا مستوى التكافؤ لكلٍّ منهما، وينجذبُ الإلكترونان نحو نواتي الذرّتين معًا، وتزدادُ الكثافة الإلكترونيّة بينهما على امتداد المحور الواصل بين نواتي الذرّتين، وتنجذبُ نحوَها كلٌّ منَ الذرّتين، وتنشأُ الرابطةُ التساهميّة منَ النوع سيجما (σ)، كما في الشكل (12).



الشكلُ (12): تداخل فَلَكَيْ s وتكوين الرابطة في جزيء H_2.

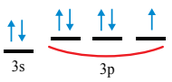


الشكلُ (13): تداخل فلك s مع الفلك p لتكوين الرابطة H-Cl.

أمّا عند ارتباط ذرّة الهيدروجين معَ ذرّة الكلور لتكوين الجُزيء (HCl)، فيتداخلُ الفلكُ 3p في مستوى التكافؤ لذرّة الكلور معَ الفلك 1s في مستوى التكافؤ لذرّة الهيدروجين على طول المحور الواصل بين نواتي الذرّتين، كما في الشكل (13)، وينجذبُ الإلكترونان في منطقة التداخل نحوَ نواتي الذرّتين في الوقتِ نفسه، فتنجذب الذرّتان نحوَ منطقة التداخل (الكثافة الإلكترونيّة) وتتكوّن الرابطةُ التساهميّة (H-Cl) منَ النوع سيجما.

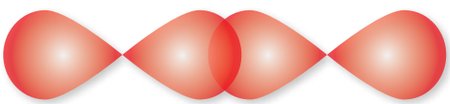
وتفسِّرُ النظريّةُ أيضًا الرابطةَ التساهميّة في جزيء الكلور (Cl_2)، فالتوزيعُ الإلكترونيّ لمستوى تكافؤ ذرّة الكلور هو ($3s^2 3p^5$)، وبحسب قاعدة هوند يوجد إلكترونٌ منفرد واحد في أفلاك (3p) كما يتّضح منَ التركيب الإلكترونيّ لذرّة الكلور في الشكل (14)، وعند ارتباط ذرّتي الكلور يتداخلُ الفلكان (3p) نصفُ الممتلئين من كلا الذرّتين رأسيًّا على طول المحور الواصل بين نواتي الذرّتين؛ حيث تتركّزُ الكثافة الإلكترونيّة في تلك المنطقة بين الذرّتين، وينجذبُ الإلكترونان نحوَ نواتي الذرّتين، وتنجذبُ الذرّتان نحوَهُما ونحوَ بعضِهما، وتنشأُ نتيجةً لذلك الرابطةُ التساهميّة في جزيء (Cl_2). أنظرُ الشكلَ (15).

التركيب الإلكترونيّ
$Cl = [Ne]\ 3s^2 3p^5$



توزيعُ هوند

الشكلُ (14): التركيبُ الإلكترونيُ لذرّة الكلور، وتوزيع هوند.



الشكلُ (15): تداخل فَلَكَيْ p لتكوين الرابطة Cl-Cl.

طريقة أخرى للتدريس — **تداخل الأفلاك الذرية لتكوين الرابطة**

- استخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**.

ورقة العمل (1)

تداخل الأفلاك الذرية لتكوين الرابطة.

أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة عمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معا، أوجّه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13)، وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما أفلاك مستوى التكافؤ التي تستخدمها كل من ذرة الكلور وذرة الهيدروجين في تكوين الرابطة في الجزي $H-Cl$؟ (فلك s وفلك p).

من خلال الشكل يتوصل الطلبة إلى أن ذرة الكلور تستخدم الفلك p، وتستخدم ذرة الهيدروجين الفلك الكروي s.

- ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– أحدد منطقة الكثافة الإلكترونية بين الذرتين المكونتين للرابطة $H-Cl$؟ (منطقة تداخل الفلكين)

تتركز الكثافة الإلكترونية في منطقة تداخل الفلكين s,p على طول المحور الواصل بين نواتي الذرتين، وينجذب الإلكترونان في منطقة التداخل نحو نواتي الذرتين معا، وتنجذب الذرتين نحو منطقة الكثافة الإلكترونية.

– ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة بينهما؟ (أحادية، سيجما)

تنشأ بينهما رابطة من النوع سيجما (σ).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أستخدم **إستراتيجية «فكر، انتق زميلًا، شارك»** وأطلب إلى كل طالب/ طالبة دراسة الشكلين (15، 14)، وكتابة وصف لتداخل الفلكين والكثافة الإلكترونية الناشئة عن ذلك في الجزيء Cl_2.

ثم ينتقي كل من الطلبة زميلًا/ زميلة لمناقشة الوصف الذي جرى التوصل إليه، والاتفاق على وصف مشترك.

- أطلب إلى كل زميلين/ زميلتين تقديم الوصف المشترك.
- أدير مناقشةً بين الطلبة للتوصل إلى أنه عند تكوين الرابطة يتداخل الفلكان نصف الممتلئين من كلا الذرتين رأسيا على المحور الواصل بين نواتي الذرتين وتتركز الكثافة الإلكترونية في منطقة التداخل، وتتكون رابطة تساهمية من النوع سيجما (σ).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (16) وأبيّن لهم أن هناك ستة إلكترونات في مستوى التكافؤ ($2s^2 2p^4$) في ذرة الأكسجين، وتبعا لتوزيع هوند فإن هناك فلكان 2p نصف ممتلئين، يحتوي كل منهما على الكترون، فيكون هناك إلكترونان منفردان، وعند ارتباط ذرتي أكسجين فإنهما تتشاركان بزوجين من الإلكترونات، وينشأ بينهما رابطة ثنائية (O=O) لتكوين الجزيء O_2.
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (17 و18) وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف يتداخل فلكا 2p من كل ذرة أكسجين لتكوين الرابطة الثنائية في جزيء O_2؟

أستمع إجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن: أفلاك p تكون متعامدة، وعند تداخلها لتكوين الرابطة يحدث نوعان من التداخل هما:

النوع الأول: تداخل طرفي فلكي p المتقابلين رأسيا على طول المحور الواصل بين الفلكين، كما يظهر في الشكل (17)، وأن الكثافة الإلكترونية تتركز على امتداد المحور الواصل بين نواتي الذرتين، وبذلك تنشأ رابطة تساهمية من النوع سيجما (σ).

النوع الثاني: هو تداخل جانبي لفلكي P المتعامدان جانبيًا كما يظهر في الشكل (18)، وأبيّن لهم أن الكثافة الإلكترونية تتوزع على جانبي المحور الواصل بين نواتي الذرتين، وبذلك تنشأ رابطة أخرى من النوع باي (π).

◄ المناقشة:

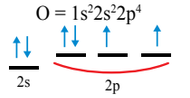
- أكتب التوزيع الإلكتروني وتوزيع هوند لذرة النيتروجين على اللوح، ثم أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– كيف تتكون الرابطة الثلاثية في جزيء N_2؟

أدير نقاشًا بينهم، وأتوصّل معهم بالاعتماد على التوزيع الإلكتروني وتوزيع هوند إلى أن ذرة النيتروجين لديها ثلاثة إلكترونات منفردة في أفلاك 2p في مستوى التكافؤ، وأنه كذلك يحدث نوعان من تداخل الأفلاك بين ذرتي النيتروجين، أحدهما تداخل راسي لفلكي 2p من كل ذرة، يؤدي إلى تكوين رابطة من نوع سيجما (σ)، بينما يتداخل الفلكين الآخرين من كلا الذرتين جانبيا، وينشأ عن ذلك رابطتين تساهميتين من النوع باي (π).

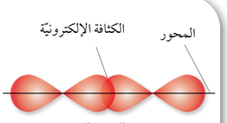
التركيب الإلكترونيّ

$O = 1s^2 2s^2 2p^4$

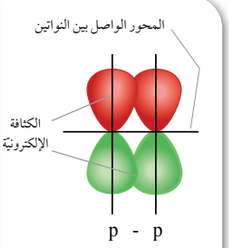


توزيعُ هوند

الشكلُ (16): التركيبُ الإلكترونيُّ لذرّةِ الأكسجين، وتوزيع هوند.



الشكلُ (17): تداخل فَلَكَيْ p رأسيًا لتكوين الرابطة سيجما.



الشكلُ (18): تداخل فَلَكَيْ p جانبيًا لتكوين الرابطة باي.

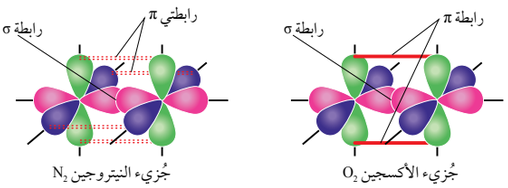
أمّا في الجزيئات التي تحتوي على روابطَ ثنائيّةٍ أو ثلاثيّة، مثل الأُكسجين (O_2) أو النيتروجين (N_2)، فيحدثُ نوعان منَ التداخل بين الأفلاك؛ فمثلًا، جزيء الأُكسجين (O_2) ترتبط فيه ذرّتا الأكسجين برابطة ثنائيّة، وبالنظر إلى التركيب الإلكتروني لذرّة الأُكسجين تجد أنّ التوزيع الإلكترونيّ لمستوى التكافؤ هو ($2s^2 2p^4$)، وبحسب قاعدة هوند فهو يحتوي على إلكترونين منفردين في أفلاك 2p، كما في الشكل (16)، ولتكوين الرابطة الثنائيّة يحدث نوعان منَ التداخل بين فَلَكَيْ (2p) من كلِّ ذرّة، كما يأتي:

النوع الأول: يتداخلُ طرفا الفلكين على امتداد المحور الواصل بين الفلكين (p)، وتتركّزُ الكثافة الإلكترونيّة على امتداد المحور الواصل بين نواتي الذرّتين، وتنشأُ رابطةٌ تساهميّة منَ النوع سيجما (σ)، كما في الشكل (17). وينطبقُ ذلك على جميع الروابط التي تنشأُ بالطريقة نفسِها.

النوع الثاني: يتداخلُ الفلكان (p) المتعامدان جانبيًّا، وتتوزَّعُ الكثافةُ الإلكترونيّة على جانبي المحور الواصل بين نواتي الذرّتين، وتنشأُ رابطةٌ تساهميّة منَ النوع باي (π)، كما يتّضح في الشكل (18).

وهذا يوضّح أنّ إحدى الرابطتين الثنائيّتين في جزي الأُكسجين (O_2) منَ النوع سيجما (σ) والثانية منَ النوع باي (π)، وينطبقُ ذلك على الرابطة الثلاثيّة في جُزيء النيتروجين (N_2) فتنتجُ الرابطةُ سيجما (σ) من تداخل أفلاك (p) على المحور الواصل بين نواتي الذرّتين، بينما تتكوّنُ الرابطتان الأُخريان منَ التداخل الجانبيّ لأفلاك (p)، وتنشأُ نتيجةَ ذلك رابطتان منَ النوع باي (π). ويبين الشكل (19) الروابط سيجما وباي في جزيئي الأكسجين والنيتروجين.

✓ **أتحقَّق:** أُحدِّدُ عددَ الروابط سيجما (σ) وباي (π) في كلٍّ من جزيء النيتروجين (N_2)، وجزيء الأكسجين O_2.



الشكلُ (19): الروابط سيجما وباي في جُزَيئي الأكسجين O_2 والنيتروجين N_2. ◄

✓ **أتحقَّق:**

الجزيء	عدد الروابط سيجما	عدد الروابط باي
الأكسجين O_2	1	1
النيتروجين N_2	1	2

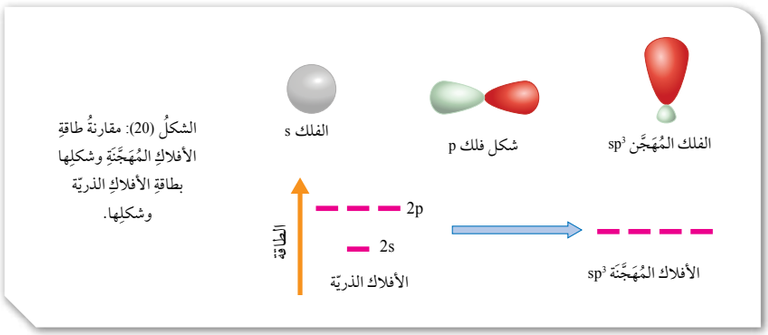
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** الحوار والمناقشة**

تعد من أهم الاستراتيجيات في عملية التعلم، فهي تحفز مهارة البحث والتفكير عند المتعلم، وتسهم بشكلٍ كبير في توثيق الثقة بالنفس لدى المتعلمين وتنمية قدراتهم على التعبير وإبداء الرأي، ولذلك يجب على المعلمين تقبل آراء الطلبة دون استهزاء أو سخرية، لتشجيعهم على المشاركة واكتساب هذه المهارات.

التهجين والأفلاك المُهجَّنة Hybridization and Hybrid Orbitals

تشيرُ الدراساتُ إلى أنّ بعض الجزيئات لا يتوافق تركيبُها أحيانًا مع الحقائق التي جاءت بها النظريتان السابقتان، كمقدار الزاوية بين الروابط أو عدد الروابط التي يمكن للذرّة أن تكوِّنَها، كما في جزيء الميثان (CH_4)، فبالرجوع إلى تركيب ذرّة الكربون نجد أنّ مستوى التكافؤ فيها يحتوي على إلكترونين منفردين في أفلاك 2P؛ ما يشيرُ إلى قدرتها على تكوين رابطتين تكون الزاوية بينهما 90°، إلّا أنّها تكوِّنُ في الواقع أربعَ روابط معَ الهيدروجين (C-H)، وتكون الزاوية بين الروابط 109.5° درجة، ولتفسير ذلك افترَض العلماءُ أنّ ذرّة الكربون تستخدِمُ أفلاكًا تختلفُ عنِ الأفلاك الذريّة التي تظهرُ في تركيب الذرّة الإلكترونيّ، وهي أفلاكٌ تنشأُ نتيجة حدوث اندماج بين أفلاك التكافؤ في الذرّة نفسِها في عمليّة تسمّى **التهجين Hybridization**، وتعني اندماجَ أفلاك مستوى التكافؤ في الذرّة نفسِها لينتجَ منه أفلاكٌ جديدة تختلف عن الأفلاك الذريّة في الشكل والطاقة تسمّى **الأفلاكَ المُهجَّنة Hybrid Orbitals**، تشاركُ في تكوين روابطَ منَ النوع سيجما، ويبيّن الشكلُ (20) اختلافَ طاقة الأفلاك المُهجَّنة وشكلِها عنِ الأفلاك الذريّة. وسأتعرّفُ في ما يأتي أنواعَ التهجين في العديد منَ الجزيئات.



◄ تعزيز:

مفهوم الرابطة التساهمية ومفهوم التهجين

أوضح للطلبة أن عملية التهجين تحدث نتيجة اندماج بين الأفلاك الذرية في الذرة ذاتها، ويؤدي الى تكوين أفلاك جديدة تختلف عن الأفلاك الذرية التي نتجت عنها. أما الرابطة فتنشأ نتيجة اندماج الأفلاك المهجنة أو غير المهجنة في مستوى التكافؤ للذرتين المكونتين للرابطة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ بناء الشخصية: المشاركة

أبيّن للطلبة أنّ المشاركة تعدُّ عنصرا أساسيًا في التفاعل الاجتماعي، وهي المسؤولة عن تعزيز الروابط الاجتماعية، وأن لها أشكالًا متعددةً منها المشاركة في المعرفة، ولذلك فمن الضروري تشارك الطلبة في معرفتهم التي يتوصلون إليها خلال عمليات البحث؛ مما يساعد على تعزيز العلاقات بينهم ويوسع نطاق البحث والفائدة.

◄ بناء المفهوم: التهجين والأفلاك المهجنة

- أستخدم **إستراتيجية التفكير الناقد** أكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون على اللوح وأبيّن لهم أن ذرة الكربون تمتلك إلكترونين منفردين في مستوى التكافؤ، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– يشير وجود إلكترونين منفردين في ذرة الكربون إلى أنها تُكوِّن رابطتين في مركباتها، ولكنها واقعًا تكوّن أربع روابط في المركب CH_4، وتكون الزاوية بين الروابط 109.5°، برأيكم كيف يمكن تبرير ذلك؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن العلماء افترضوا حدوث عملية اندماج بين أفلاك التكافؤ في الذرة نفسها، ينشأ عنها أفلاك جديدة تختلف عن الأفلاك الذرية التي تظهر في التوزيع الإلكتروني، وأطلقوا على هذه العملية اسم التهجين، وأطلقوا على الأفلاك الناتجة عنها اسم الأفلاك المُهجّنة، وهي تشارك في تكوين روابط من النوع سيجما (σ).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (20)، ومقارنة الأفلاك الذرية لذرّة الكربون بالأفلاك المهجنة فيها. ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– ما أوجه الاختلاف بين الأفلاك الذرية في مستوى التكافؤ والأفلاك المهجنة؟ اجابات محتملة (الشكل، الطاقة)

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن الأفلاك المهجنة تختلف عن الأفلاك الذرية في الشكل والطاقة، وتشارك في تكوين روابط من النوع سيجما. وأن هذه الأفلاك متشابهة في الشكل في ما بينها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (21)، ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الإلكترونات المنفردة في ذرة الكربون قبل التهجين وبعده؟ (قبل التهجين 2، بعده 4)

عدد الإلكترونات المنفردة قبل التهجين إلكترونان، أما بعد التهجين أربعة إلكترونات.

– أيّ أفلاك ذرة الكربون شاركت في عملية التهجين؟ (فلك s وفلك p).

الفلك 2s وأفلاك 2p الثلاثة جميعها شاركت في عملية التهجين.

– ما خصائص الأفلاك المهجنة الناشئة عن عملية التهجين؟

أوضّح للطلبة أنّ الأفلاك المهجنة متماثلة في الشكل والطاقة، وأنها تكون نصف ممتلئة، ويمكنها تكوين أربع روابط تساهمية أحادية، وتسمى افلاك sp^3، وأبيّن لهم ان التهجين أيضا يسمى sp^3.

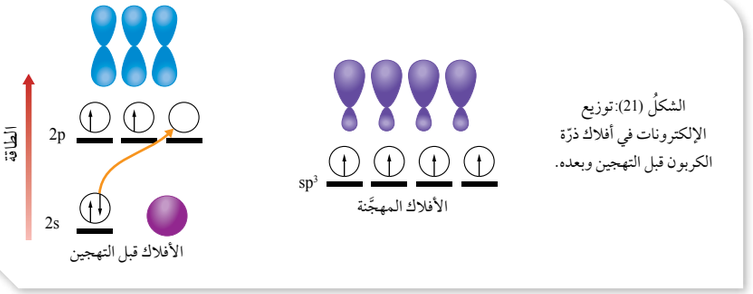
– ما الأفلاك المشاركة في تكوين الروابط C–H في جزيء الميثان CH_4؟ (sp^3–s , p–s)

أوضّح للطلبة أنّ الأفلاك المهجنة sp^3 من ذرة الكربون يندمج كل منها مع الفلك 1s من ذرة الهيدروجين لتكوين أربعة روابط C–H.

بعد ذلك أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (22) وإجابة السؤال الآتي:

- كيف تتوزع أزواج الإلكترونات المحيطة بذرة الكربون في الجزيء CH_4؟ (تكون متباعدة أكثر ما يمكن والزاوية بينها 109.5°)

أوضح للطلبة أن هناك أربعة أزواج من الإلكترونات الرابطة تتوزع باتجاه رؤوس الشكل رباعي الأوجه المنتظم لتكون الزاوية بين هذه الروابط (109.5°).



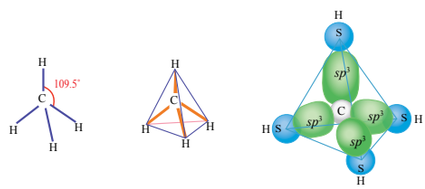
الشكلُ (21): توزيع الإلكترونات في أفلاك ذرّة الكربون قبل التهجين وبعده.

التهجين sp^3

تنتجُ الأفلاك المُهجَّنة من اندماج أفلاك ذرّيّة مختلفة في مستوى التكافؤ، ويعتمد نوعُ التهجين على عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرّة المركزيّة وعدد الأفلاك المُهجَّنة التي تشاركُ في تكوين روابطَ تساهميّةٍ منَ النوع سجما؛ فمثلًا، يشيرُ التركيبُ الإلكترونيّ لذرّة الكربون، الموضّح في الشكل (20)، إلى حدوث تهجين لأفلاك مستوى تكافُئها؛ حيثُ يندمجُ الفلكُ 2s معَ ثلاثة أفلاك 2p لينتج منها أربعة أفلاك مُهجَّنة متماثلة في الشكل والطاقة، يطلقُ عليها الأفلاكُ المُهجَّنة sp^3. وَيُعاد توزيعُ إلكترونات التكافؤ على الأفلاك الأربعة لتصبح جميعُها نصفَ ممتلئة بالإلكترونات، ثمّ يتداخل كلُّ فلك منها معَ الفلك 1s من ذرّة الهيدروجين لتكوين أربع روابطَ أحاديّةٍ متماثلة منَ النوع سيجما، كما يبيّنُ الشكلُ (21).

ويفسِّرُ ذلك الشكلُ الفراغيّ لجزيء (CH_4)؛ حيث تتوزَّعُ أربعة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة باتّجاه رؤوس رباعيّ الأوجه مُنتظَمٍ لتكونَ الزاويةَ بين الروابط (109.5°). أنظرُ الشكلَ (22).

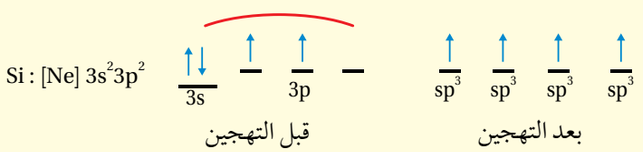
أفكّر: ما الأفلاكُ التي تستخدمُها ذرّةُ السيليكون في تكوين الروابط معَ ذرّة الكلور في الجزيء $SiCl_4$؟



الشكلُ (22): الشكل الفراغي لجزيء الميثان CH_4 وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة.

أفكّر

يحدث تهجين بين الأفلاك الذرية في ذرة السيليكون ينتج عنه أربعة افلاك مهجنة من النوع sp^3 تشارك بها في تكوين الروابط في الجزيء $SiCl_4$، بينما تشارك ذرة الكلور بفلك p وبذلك تنشأ الرابطة من تداخل الأفلاك: $sp^3 - p$



◄ استخدام الصور والأشكال:

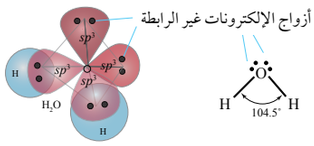
- أقسّم الطلبة إلى مجموعتين وأستخدم **جدول التعلم (KWL)** في تدريس التهجين في كل من جزيء الماء H_2O وجزيء الأمونيا NH_3.
- أوزّع جدول تعلم (1) على كل مجموعة.
- أوجّههم إلى دراسة الشكل (23).
- أطلب إلى المجموعة الأولى أن تكتب في العمود الأول ما تعرفه عن الروابط في جزيء الماء وشكله الفراغي والزاوية بين الروابط وأزواج الإلكترونات، وتكتب في العمود الثاني ما تريد معرفته عن جزيء الماء بالاستعانة بالشكل، وأن يتركوا العمود الثالث فارغًا.

L ما تعلمته	W ما اريد معرفته	K ما أعرفه

- أطلب إلى المجموعة الثانية أن تكتب في العمود الأول ما تعرفه عن الروابط في جزيء الأمونيا NH_3 وشكله الفراغي والزاوية بين الروابط وأزواج الإلكترونات، وتكتب في العمود الثاني ما تريد معرفته عن الأمونيا NH_3 بالاستعانة بالشكل، وأن يتركوا العمود الثالث فارغا.
- أتابع عمل المجموعات أثناء ذلك، وأقدم لهم المساعدة والتوجيه.
- بعد الانتهاء من العمل في العمودين الأول والثاني أطلب إلى كل مجموعة عرض ما توصلت اليه.
- أدير نقاشًا بين المجموعات حول ما يجري عرضه، وأتوصّل معهم إلى أنه على الرغم من امتلاك ذرة الأكسجين إلكترونين منفردين في أفلاك مستوى التكافؤ وتكوّن رابطتين إلا أنها تستخدم أفلاكًا مُهجّنة من النوع sp^3 في تكوين الروابط، ذلك أن الزاوية بين الرابطتين ليست 90°، وإنما 104.5°، وهي أقرب إلى الزاوية التي تستخدمها ذرة الكربون في التهجين sp^3، وأن الشكل الفراغي المنحني لجزيء الماء يشتق من الشكل رباعي الأوجه المنتظم.
- ثم أطلب إلى الطلبة كتابة ما تعلموه في العمود الثالث.

إجابة سؤال الشكل (23):

تستخدم ذرة الهيدروجين فلك s في حين تستخدم ذرة الأكسجين الفلك sp^3 في تكوين الرابطة (O–H).



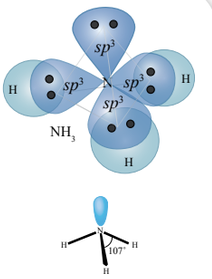
الشكل (23): الشكل الفراغي لجزيء الماء H_2O وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة.

• أحدّد أنواع الأفلاك المُكوِّنة للرابطة (O-H).

ويمكن تفسيرُ الروابط في جزيء الماء (H_2O) في ضَوء التهجين sp^3، فذرّةُ الأُكسجين تمتلكُ إلكترونين منفردين في مستوى التكافؤ في الأفلاك 2p، كما يشيرُ توزيعُها الإلكترونيّ ($2s^2 2p^4$)، وبناءً على هذا يُفتَرَضُ أنّ أفلاكَ 2p تشاركُ في تكوين الرابطة (O-H) والزاوية بين الرابطتين في جزيء الماء (90°)، إلّا أنّها (104.5°) في الواقع، وهي أقربُ إلى الزاوية (109.5°) الناتجةِ منَ الأفلاك المُهجَّنة sp^3، وذلك يفسِّرُ أنّ ذرّة الأكسجين تستخدِمُ أفلاكًا مُهجَّنة منَ النوع sp^3 لتكوين الرابطة (O-H) في جزيء الماء. ونظرًا إلى وجود زوجين منَ الإلكترونات غيرِ الرابطة حولَ ذرّة الأُكسجين، فإنّ الشكلَ الفراغيّ لجزيء الماء يُشتَقُّ من شكل رباعيّ الأوجه المُنتظَم ليكوِّنَ شكلًا مُنحنيًا، كما في الشكل (23).

وكذلك فإنّ الأفلاك المُهجَّنة sp^3 تدخلُ في تكوين الروابط في جزيء الأمونيا NH_3، فمستوى التكافؤ لذرّة النيتروجين يحتوي على ثلاثة إلكترونات منفردة في أفلاك 2p، كما يشيرُ توزيعُها الإلكترونيّ ($2s^2 2p^3$)، وهذا يعني أنّ ذرّة النيتروجين تستخدِمُ أفلاكَ 2p الثلاث لتكوين ثلاثِ روابطَ معَ ذرّات الهيدروجين، والزاوية بين الروابط (90°)، إلّا أنّها (107°) في الواقع، وهي أقربُ إلى الزاوية (109.5°) الناتجةِ منَ الأفلاك المُهجَّنة sp^3؛ ما يعني أنّ ذرّة النيتروجين تستخدِمُ أفلاكًا مُهجَّنة منَ النوع sp^3، وذلك يفسِّرُ توزيع ثلاثة أزواج منَ الإلكترونات الرابطة حولَ ذرّة النيتروجين باتّجاه رؤوس هَرَمٍ ثلاثيّ، كما يتّضح منَ الشكل (24).

✓ **أتحقَّق:** ما نوعُ التهجين في الذرّات المركزيّة لكلٍّ منَ الجزيئات (NF_3 , OF_2)؟ ما الشكلُ الفراغيُّ لكلٍّ من هذه الجزيئات؟



الشكل (24): الشكل الفراغي لجزيء الأمونيا NH_3 وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة.

أفكّر: ما التهجينُ المتوقّع لذرّة الفسفور (P) في الجزيء PCl_3؟

أفكّرُ

P: $[Ne]3s^2 3p^3$ ↑↓ ↑ ↑ ↑

يتضح أن ذرة الفسفور تكوّن ثلاث روابط مع ثلاث ذرات Cl ويبقى لديها زوج إلكترونات غير رابطة، وبذلك فهي تشبه ذرة النيتروجين، وبذلك يتوقع أن تستخدم أفلاكًا مهجّنة من النوع sp^3.

✓ **أتحقَّق:**

NF_3: التهجين في ذرة N المركزية هو sp^3، والشكل الفراغي للجزيء هرم ثلاثي.

OF_2: التهجين في ذرة O المركزية هو sp^3، والشكل الفراغي للجزيء منحني.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (25، 26) ثم أوجّه لهم الأسئلة الآتية:

– ما عدد الإلكترونات المنفردة في ذرة البورون قبل التهجين وبعده؟

يوجد إلكترون منفرد واحد في مستوى التكافؤ، وبعد التهجين أصبح هناك ثلاثة إلكترونات منفردة.

- ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– ما عدد الروابط التي يمكن أن تكوّنها ذرة البورون؟

يمكن لذرة البورون تكوين ثلاث روابط تساهمية.

– ما الأفلاك المشاركة في التهجين وما اسم التهجين؟

يندمج فلك 2s مع فلكين 2p في ذرة البورون، وينتج ثلاثة أفلاك مهجّنة من النوع sp^2 تشارك في تكوين رابطة تساهمية مع ذرة فلور، ويسمى التهجين sp^2.

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (27) ثم أوجّه إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما عدد الإلكترونات المنفردة في ذرة البيريليوم قبل التهجين وبعده؟ (قبل التهجين 0، وبعده 2)

لا يوجد إلكترونات منفردة قبل التهجين، أما بعد التهجين أصبح هناك إلكترونين منفردين.

- ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

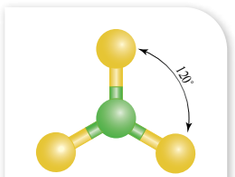
– ما عدد الروابط التي يمكن أن تكوّنها ذرة البيريليوم؟

يمكنها تكوين رابطتين تساهميتين.

– ما الأفلاك المشاركة في التهجين في ذرة البيريليوم، وما اسم التهجين؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنه يندمج فلك s مع فلك p في ذرة البيريليوم، وينتج عن ذلك فلكين مُهجّنين من النوع sp؛ نصف ممتلئة تشارك في تكوين رابطتين تساهميتين من النوع سيجما مع ذرتي الهيدروجين ويسمى التهجين sp.

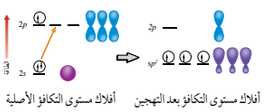
✓ **أتحقّق:** تستخدم ذرة البورون أفلاكا مُهجّنة من النوع sp^2، وتستخدم ذرة البيريليوم أفلاكا مُهجّنة من النوع sp.



الشكلُ (25): الشكل الفراغي لجزيء BF_3.

التهجين sp^2

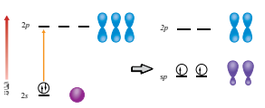
بدراسة الروابط في الجزيء BF_3، نجد أنّ مستوى التكافؤ لذرّة البورون (B) يحتوي على إلكترون منفرد واحد في أفلاك 2p، وهذا يعني أنّ ذرّة البورون يمكنُها تكوينُ رابطة واحدة، وفي الواقع أنه يمكنُها تكوينُ ثلاثِ روابطَ منَ النوع سيجما في الجزيء BF_3 تكونُ الزاوية بينها (120°)، ويكونُ شكلُها الفراغيُّ مثلّثًا مستويًا، أنظرُ الشكلَ (25)؛ ما يُبرِّرُ افتراضَ حدوث التهجين في ذرّة البورون؛ حيث يندمجُ فلك 2s معَ فلكين من 2p وينتج ثلاثة أفلاك مُهجَّنة منَ النوع sp^2، تتوزَّعُ عليها إلكتروناتُ التكافؤ للذرّة ويصبح هناك ثلاثة إلكترونات منفردة يمكنُها تكوينُ ثلاثِ روابطَ تساهميّةٍ منَ النوع سيجما، كما هو موضّحٌ في الشكل (26).



الشكلُ (26): توزيع الإلكترونات في أفلاك ذرّة البورون قبل التهجين وبعده.

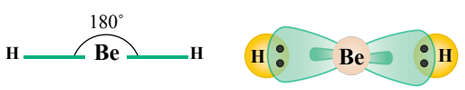
التهجين sp

يحدث التهجينُ sp نتيجة اندماج فلك s معَ الفلك p في مستوى التكافؤ للذرّة المركزيّة، ويمكنُ ملاحظةُ هذا النوع منَ التهجين في ذرّة البيريليوم في المركّب BeH_2، فبالنظر إلى توزيعها الإلكترونيّ $(1s^2 2s^2)$ ألاحظ أنه لا توجد إلكترونات منفردة في مستوى التكافؤ، في حين أنّها تكوِّنُ رابطتين منَ النوع سيجما معَ ذرّتي الهيدروجين؛ ما يُبرِّرُ حدوثَ تهجين منَ النوع sp في ذرّة البيريليوم، كما في الشكل (27)، وبذلك فإنّ ذرّة البيريليوم تُحاطُ بزوجين منَ الإلكترونات الرابطة تتوزَّعُ على جانبيها بزاوية (180°)، ويكون الشكل الناتج خطيًّا. أنظرُ الشكلَ (28).



الشكلُ (27): توزيع الإلكترونات في أفلاك ذرّة البيريليوم قبل التهجين وبعده.

✓ **أتحقّق:** ما نوعُ الأفلاك المُهجَّنة التي تستخدِمُها الذرّاتُ المركزيّة في كلٍّ منَ الجزيئات $(BeCl_2 , BH_3)$؟



الشكلُ (28): الشكل الفراغي لجزيء BeH_2 وتوزيع أزواج الإلكترونات الرابطة. أُحَدِّدُ الأفلاكَ المُندمجة لتكوين التهجين sp^2 في ذرّة البيريليوم Be.

طريقة أخرى للتدريس

التهجين sp^2, sp

- أقسّم الطلبة إلى مجموعتين وأستخدم **إستراتيجية اثن ومرر**. استخدم ورقتين الأولى للمجموعة الأولى، أكتب فيها التوزيع الإلكتروني لذرة البورون والسؤال الآتي:

– كيف يمكن لذرة البورون تكوين ثلاث روابط تساهمية في الجزيء BF_3؟ فسر ذلك.

والثانية للمجموعة الثانية، وأكتب فيها التوزيع الإلكتروني لذرة البيريليوم والسؤال الآتي:

– كيف يمكن لذرة البيريليوم تكوين رابطتين تساهميتين في الجزيء BeH_2؟ فسر ذلك.

يجيب كل طالب في كل مجموعة على السؤال ويمرر الورقة إلى زميله في المجموعة ليكتب اجابته. وبعد التوقف أطلب إلى أحد الطلبة قراءة ما تم كتابته.

- أدير نقاشًا حول اراء الطلبة وأبيّن لهم باستخدام الشكل (26 و 27) كيفية حدوث التهجين sp^2 في ذرة البورون والتهجين sp في ذرة البيريليوم. وشكل الجزيء ومقدار الزاوية بين الروابط فيه في كل من BeH_2, BF_3.

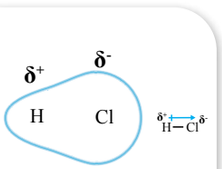
قطبيّة الجزيئات Polarity of Molecules

تنشأُ الرابطةُ التساهميّة نتيجة تشارك ذرّتين بزوج واحد منَ الإلكترونات على الأقلّ، يطلقُ عليه زوجُ الإلكترونات الرابطة، ينجذبُ نحو نواتي الذرّتين في الوقتِ نفسِه؛ فمثلًا، يكون انجذابُ زوج الإلكترونات المشترك بين ذرّتي الكلور في الجزيء Cl_2 متساويًا؛ وذلك أنّ قدرة هاتين الذرّتين على جذب إلكترونات الرابطة متساويةٌ (لها السالبيّةُ الكهربائيّةُ نفسُها)، أمّا في جزيء كلوريد الهيدروجين HCl فإنّ زوج الإلكترونات ينجذبُ نحوَ ذرّة الكلور الأكثرِ سالبيّةً كهربائيّةً أكثرَ منَ انجذابه نحوَ ذرّة الهيدروجين، وبذلك يُزاحُ نحوَ ذرّة الكلور وتزدادُ الكثافةُ الإلكترونيّة حولَها وتظهرُ عليها شحنةٌ جزئيّةٌ سالبة (δ^-)، أمّا ذرّةُ الهيدروجين فتقلُّ الكثافةُ الإلكترونية حولَها؛ لذلك تظهرُ عليها شحنةٌ جزئيّةٌ موجبة (δ^+)، ويبدو حينئذٍ أنّ للرابطةِ قطبين؛ أحدُهما سالبٌ والآخرُ موجب، وتوصفُ بأنّها رابطةٌ قطبيّة، كما في الشكل (29).

تعتمدُ قطبيّة الرابطة على الفرق في السالبيّة الكهربائيّة بين الذرّتين المكوّنتين للرابطة، فتزدادُ بزيادة فرق السالبيّة الكهربائيّة. وتكون الرابطة غير قطبية إذا قلّ فرق السالبية الكهربائية بين الذرتين عن 0.4 وفق مقياس باولنج.

وبسبب وجود روابطَ قطبيّةٍ في الجزيئات فإنّها قد تكون قطبيّة؛ أي أنّها تمتلكُ **عزمًا قطبيًّا Dipole Moment**، وهو مقياسٌ كمّيٌّ لمدى توزّع الشحنات في الجزيء، ويعتمدُ على المسافة الفاصلة بين الشحنات على طرفي الجزيء، ويقاسُ بوحدة الديباي ((Debye (D))، وبناءً على ذلك يكونُ الجزيءُ HCl قطبيًّا، بينما يكونُ الجزيءُ Cl_2 غيرَ قطبي.

ويتوقف وجودُ عزمٍ قطبي للجزيئات متعدّدةِ الذرّات على الشكل الفراغيّ للجزيء، إضافة إلى قطبيّة روابطه، التي يمكنُ التعاملُ مَعَها كقوى مُتّجهة (ذات مقدار واتّجاه)، فإذا كانت قطبيّةُ رابطةٍ تساوي قطبيّةَ الأُخرى وتعاكسُها فإنّ إحداهُما تلغي الأُخرى وتساوي المحصّلةُ حينئذٍ صفرًا؛ أي أنّ العزمَ القطبيَّ للجزيء يساوي صفرًا، ويكون الجزيءُ غيرَ قطبيّ، ومثالُ ذلك جزيء $BeCl_2$، الذي يتّخذُ شكلًا خَطيًّا، فإنّ قطبية



الشكلُ (29): قطبية الرابطة في جزيء HCl.

بناء المفهوم:

قطبية الجزيئات والعزم القطبي

- أوضّح للطلبة أنّ بعض الجزيئات قد تكون قطبية أي ان لها عزم قطبي وان العزم القطبي هو مقياس لمدى توزع الشحنات في الجزيء.

وأنه يعتمد على المسافة بين الشحنات في الجزيء. فجزيء Cl_2 ليس قطبيا، اي ليس له عزم قطبي بينما الجزيء HCl قطبيا وله عزم قطبي.

ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

- هل الجزيئات متعددة الذرات ذات الروابط القطبية تكون قطبية؟ (تكون قطبية)
- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنّ قطبية الجزيء تعتمد على قطبية الروابط وعلى الشكل الفراغي للجزيء، وان قطبية الرابطة يمكن معاملتها مثل القوى المتجهة التي توثر في الجسم، فالروابط متساوية القطبية وهي التي تعاكس بعضها بعضًا تلغي إحداها الأخرى وتكون محصلتها تساوي صفر ويكون الجزيء غير قطبي.

المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالسالبية الكهربائية؟

قدرة الذرة على جذب إلكترونات الرابطة نحوها.

- ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– هل تتوقع وجود شحنات جزئية موجبة وسالبة على ذرتي الكلور في الجزيء Cl_2؟ (لا يوجد) لايوجد شحنات جزئية على ذرتي الكلور؛ بسبب عدم وجود فرق في السالبية الكهربائية بينهما.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (29)، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما سبب وجود الشحنات الجزئية على كل من ذرتي الكلور والهيدروجين في الشكل؟ (السالبية الكهربائية) سبب ذلك هو اختلاف السالبية الكهربائية بين ذرة الكلور وذرة الهيدروجين، مما يسبب ظهورشحنة جزئية سالبة على ذرة Cl وشحنة جزئية موجبة على الذرة (H). وأن هذه الرابطة توصف بالرابطة القطبية.

المناقشة:

- أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– على ماذا تعتمد قطبية الرابطة؟ (جذب الذرات للإلكترونات) تعتمد على فرق السالبية الكهربائية

- أستمع لإجاباتهم وأبيّن لهم أنها تعتمد على فرق السالبية الكهربائية، فتزداد قطبية الرابطة بزيادة فرق السالبية الكهربائية بين الذرتين.

– ما المقياس المستخدم لقياس السالبية الكهربائية؟ (باولنج) هناك مقاييس عدة للسالبية الكهربائية أحدها مقياس باولنج، حيث تعد الرابطة غير قطبية إذا قل فرق السالبية الكهربائية عن 0.4 ديباي.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

هناك مقاييس عدة للسالبية الكهربائية إضافة إلى مقياس باولنج منها:

مقياس ميليكان: حيث يجري حسابها بحساب مجموع طاقة التأين والألفة الإلكترونية مقسوما على 2

مقياس روكو: ويعتمد على النسبة بين شحنة النواة الفعالة ونصف قطر التساهم للذرة.

◄ المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (30) وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما الشكل الفراغي لجزيء $BeCl_2$؟

الشكل خَطيّ

– هل الجزيء $BeCl_2$ قطبي (له عزم قطبي)؟ أبرر الإجابة.

رغم أن الروابط Be–Cl قطبية؛ إلا أن الجزيء غير قطبي، وذلك لأن قطبية الرابطتين متساوية وتؤثر كل منهما عكس الأخرى، فتلغي إحداهما الأخرى، وتكون محصلة قطبية الروابط تساوي صفرا فيكون الجزيء غير قطبي.

- ثم أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (31)، وأطلب إليهم تفسير قطبية جزيء الماء H_2O.
- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن الرابطتين (O–H) بينهما زاوية، وأن قطبيهما يتجهان نحو ذرة الأكسجين، فيمكن إيجاد محصلتهما عن طريق الرسم وتكون محصلتهما لا تساوي صفرا، وبالتالي يكون جزيء الماء قطبيا.

◄ قراءة الجداول:

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني** ورقة عمل (2):

ورقة العمل (1)

العلاقة بين الشكل الفراغي وقطبية الجزيء

أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم مناقشة الحلّ بين أفراد المجموعة، وأوجّه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

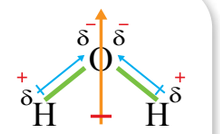
✓ **أتحقّق:** الجزيئات التي لها عزم قطبي:

NH_3 , BeFCl , CH_3Cl

محصلة قطبية الروابط = صفر

الجزيء غير قطبي

الشكلُ (30): العزم القطبي لجزيء $BeCl_2$.



الشكلُ (31): العزم القطبي لجزيء H_2O.

رابطتيه تلغي إحداهُما الأُخرى، وبذلك يكونُ العزمُ القطبيُّ للجزيء صفرًا، ويكونُ الجزيءُ غيرَ قطبيّ. أنظرُ الشكلَ (30).

أمّا جزيءُ الماء (H_2O) ذو الشكل المنحني، فنجد أنّ قطبيّة روابطه لا تُلغي بعضُها بعضًا، ولا يساوي عزمُهُ القطبيُّ صفرًا، وبهذا يكونُ قطبيًّا. أنظرُ الشكلَ (31).

يتّضح ممّا سبق أنه رغم قطبيّة الروابط في كلٍّ منَ الجزيئين (H_2O) و ($BeCl_2$)، فإنّ الجزيء (H_2O) قطبيٌّ، بينما الجزيء ($BeCl_2$) غير قطبيّ؛ وذلك بسبب اختلاف الشكل الفراغيّ لكلٍّ منهما؛ ما يعني أنّ قطبيّة الرابطة ليست شرطًا كافيًا ليكونَ الجزيءُ قطبيًّا. ويبيّنُ الجدولُ (7) العلاقةَ بين الشكل الفراغي للجزيء وقطبيّته.

✓ **أتحقّق** أحدّد ممّا يأتي الجزيء الذي لهُ عزمٌ قطبيّ:

CH_3Cl , BCl_3 , BeFCl , NH_3

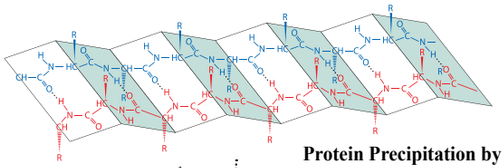
الجدول (7): العلاقةُ بين الشكل الفراغي للجزيء وقطبيّته.

الصيغة العامّة للجزيء	الشكل الفراغيّ	قطبيّة الجزيء
AX_2	خَطّي	غيرُ قطبيّ
AXY	خَطّي	قطبيّ
AX_2	مُنحَنٍ	قطبيّ
AX_3	مثلّثٌ مستو	غيرُ قطبيّ
AX_2Y	مثلّثٌ مستو	قطبيّ
AX_3	هَرَمٌ ثلاثيّ	قطبيّ
AX_4	رباعيُّ الأوجه منتظم	غيرُ قطبيّ
AX_3Y	رباعيُّ الأوجه منتظم	قطبيّ

32

معلومة إضافية

على الرغم من أنّ البيريليوم عنصر فلزي من عناصر المجموعة الثانية (الفلزات القلوية الأرضية) إلا أنه يكون روابط تساهمية في مركباته وذلك بسبب صغر حجم ذرته وارتفاع طاقة تأينها مقارنة بعناصر الفلزات القلوية والفلزات القلوية الارضية.



تركيبُ سلاسل البروتين

الربطُ مع علم الأحياء

ترسيبُ البروتين بالتمليح Protein Precipitation by Salting

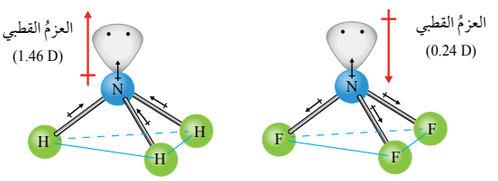
تتميّزُ البروتيناتُ باحتوائها على مجموعات قطبيّة، مثل NH و CO و NH_2 و COOH و OH، وعند استخلاصها منَ الخلايا فإنّ مجموعاتِها القطبيّةَ تنجذبُ نحو جُزيئات الماء القطبيّة وترتبط بها مكوّنةً محلولًا غَروِيًّا، ولاستخلاص هذه البروتينات منَ المحلول تُضافُ بعضُ الأملاح إلى المحلول، مثل كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$، التي تذوب فيه وتنجذب أيوناتُها الناتجة نحو الأطراف القطبيّة للماء وترتبط بها بدلًا منَ المجموعات القطبيّة لسلاسل البروتينات؛ ممّا يسبّبُ تحرُّرَ هذه السلاسل وانجذابها نحو بعضها بعضًا، فتنشأ بينها روابطُ هيدروجينيّة وتترسَّب بسبب زيادة كتلتها المولية؛ وبهذا يجري عزلُ البروتينات وترسيبُها.

أبحثُ: أرجع إلى مواقعَ إلكترونيّة مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ عن قطبية الجزيئات SO_2 و NO_2 و NOCl، وأكتبُ تقريرًا بذلك، أو أُصَمِّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أثرُ أزواج الإلكترونات غير الرابطة في قطبيّة الجزيء

تمتلكُ بعضُ الجزيئات أزواجَ إلكتروناتٍ غير رابطة تحيط بذرّة الجزيء المركزيّة، مثل NH_3، يتولّدُ لها عزمٌ قطبيٌّ صغيرٌ نسبيًّا يتّجه بعيدًا عنِ النواة؛ ما يؤدي إلى زيادة العزم القطبيّ للجزيء أو التقليل منه، وذلك تبعًا لاتّجاه قطبيّة الروابط في الجزيء، كما يتّضح مِنَ الشكل (32)، الذي يبيّنُ اتّجاهاتِ العزومِ القطبيّة في كلٍّ مِنَ الجزيئين (NF_3 و NH_3).

أتحقّق أُفَسِّرُ: العزمُ القطبيُّ للجزيء NH_3 أكبرُ مِنَ العزم القطبيِّ للجزيء NF_3.



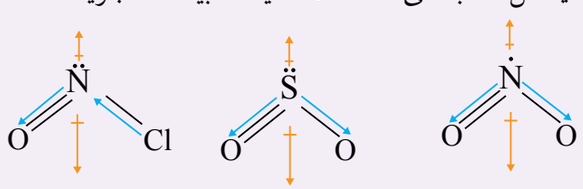
الشكلُ (32): اتجاهات العزوم القطبية في كل من الجزيئين NF_3 و NH_3

أبحثُ:

- أوجّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عبر شبكة الانترنت في قطبية الجزيئات SO_2, NOCl, NO_2، وكتابة تقرير بذلك أو إعداد عرض تقديمي عنها، وأناقشه معهم.

نتائج متوقعة:

يتوقع أن يحصل الطلبة على الأشكال الآتية لقطبية هذه الجزيئات.



استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (32)، وأوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– هل تمتلك أزواج الإلكترونات غير الرابطة المحيطة بالذرة المركزية عزما قطبياً؟

تمتلك أزواج الإلكترونات غير الرابطة عزما قطبيا صغيرا يتجه مبتعدا عن النواة. مما قد يزيد من قطبية الجزيء أو يقلل منها.

– ما أثر العزم القطبي لزوج الإلكترونات غير الرابط على قطبية الجزيء NH_3؟

(تزيد قطبية الجزيء). يكون اتجاه العزم القطبي لزوج الإلكترونات في جزيء NH_3 باتجاه محصلة العزم القطبي للروابط، مما يزيد من قطبية الجزيء.

– ما أثر العزم القطبي لزوج الإلكترونات غير الرابط على قطبية الجزيء NF_3؟ (تقلل منها) يكون اتجاه العزم القطبي لزوج الإلكترونات في جزيء NF_3، بعكس اتجاه محصلة العزم القطبي للروابط مما يقلل من قطبية الجزيء.

أتحقّق: لأن اتجاه محصلة قطبية الروابط في الجزيء NH_3 باتجاه العزم القطبي لزوج الإلكترونات غير الرابط، فيزيد من قطبية الجزيء وعزمه القطبي (1.46D)، بينما اتجاه محصلة قطبية الروابط في الجزيء NF_3 بعكس اتجاه العزم القطبي لزوج الإلكترونات غير الرابط، مما يقلل من العزم القطبي للجزيء (0.24D).

الربطُ مع علم الأحياء

- أوجّه الطلبة إلى دراسة موضوع الربط بعلم الأحياء، ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

– كيف تجري عملية عزل البروتينات وترسيبها؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبين لهم أن أثر وجود المجموعات القطبية في البروتينات على إذابتها في الماء، وكذلك أثر إضافة أملاح أخرى تذوب في الماء إلى المحلول على استخلاص المجموعات القطبية البروتينية وعزل السلاسل البروتينية وترسيبها.

التجربة 2

الأشكال الفراغية للجزيئات وقطبيتها

الهدف: استقصاء العلاقة بين أشكال الجُزَيئات وقطبيتها.

زمن التنفيذ: 20 min

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

المهارات العلمية: التصميم، التفسير، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والادوات وأتأكد من توافرها وجاهزيتها قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المواد والادوات اللازمة لتنفيذ النشاط، ثم أحدد المهمات التي ستنفذها كل مجموعة.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابعهم أثناء تنفيذ المهمات، وأقوّم أداءهم باستخدام أداة التقييم المرفقة، وأتأكد أنهم تمكنوا من تعبئة الجدول بشكل صحيح.
- بعد انتهاء العمل أطلب إلى المجموعات تعليق اللوحة الجدارية في مكان واضح يتيح لكلِّ طالب الاطلاع عليها.
- أدير نقاشًا بين الطلبة حول ما جرى التوصل إليه وأجيب على تساؤلاتهم، ثم أُكلّفهم بتسجيل ما توصلوا اليه في الجدول في كراس الأنشطة والتجارب العملية، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة. وأناقشها معهم وأصحّح الأخطاء.

التحليل والاستنتاج:

1. الشكل المنحنى والشكل الهرم الثلاثي.
2. الأشكال: الخطي والمثلث المستو، ورباعي الأوجه المنتظم.
3. قد يكون الجزيء قطبي اذا كانت الروابط قطبية
4. يكون الجزيء قطبي في الأشكال التي تكون فيها محصلة العزم القطبي للروابط لا يساوي صفر، أي أن قطبية الروابط فيه لا يلغي بعضها الآخر.

التجربة 2

الأشكال الفراغيّة للجزيئات وقطبيتها

الموادُّ والأدوات:

لوح مِنَ الكرتون الأبيض، أقلام تخطيط ملوّنة، مسطرة (1m)، مِقصّ، مِشرط، لاصق، ورق مصقول ملون.

إرشاداتُ السلامة:

- أتّبعُ إرشاداتِ السلامةِ العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.
- أتعاملُ معَ المِقصّ والمِشرط بحذر شديد.

خطواتُ العمل:

1- **أُصَمِّمُ** جدولًا على ورقة (A4) يتضمَّنُ معلوماتٍ عن أشكال الجزيئات المختلفة، كما يأتي:

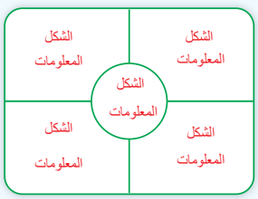
الصيغة العامّة للجزيء	نوع التهجين في الذرّة المركزيّة	الشكل الفراغيّ للجزيء	مقدار الزاوية بين الروابط	عدد أزواج الإلكترونات المحيطة بالذرّة المركزيّة	عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة	أمثلة لجزيئات	
						قطبيّة	غير قطبيّة
AX_2							$BeCl_2$
AX_3							
						NH_3	
AX_4							

2- **أُصَمِّمُ** لوحةً جداريّةً مِنَ الكرتون، كما في الشكل المجاور.

3- أستخدمُ الورقَ الملوّنَ لتصميم أشكال الأفلاك المكوّنة للروابط في الجزيئات (الأمثلة المذكورة)، ثمّ ألصقُهُ في المكان المخصّص على اللوحة.

4- أدوّنُ المعلوماتِ المتعلّقةَ بالشكل في المكان المخصّص له.

5- أُعلّقُ اللوحةَ في مكان ظاهر في غرفة المختبر، وَأُشاركُ زملائي/ زميلاتي المعلوماتِ المتعلّقةَ بالتهجين وأشكال الجزيئات.



التحليلُ والاستنتاج:

1- أُحَدِّدُ أشكالَ الجزيئات التي تكون دائمًا قطبيّة.

2- أُحَدِّدُ أشكالَ الجزيئات التي قد تكون قطبيّة أو غيرَ قطبيّة.

3- **أُفَسِّرُ** العلاقةَ بين قطبيّة الروابط وقطبيّة الجزيء.

4- **أستنتجُ** العلاقةَ بين قطبيّة الجزيء وشكله الفراغيّ.

تقويم تجربة الأشكال الفراغية للجزيئات وقطبيتها.

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تحديد نوع التهجين في كل جزيْ بشكل صحيح.		
2	تحديد مقدار الزاوية بين الروابط في كل جزيء.		
3	تحديد الشكل الفراغي للجزيئات المختلفة.		
4	تحديد أزواج الإلكترونات الرابطة وغير الرابطة في الجزيء.		
5	التعاون مع الزملاء في انجاز المهمة الموكولة إليهم.		
6	مشاركة الزملاء المعلومات الخاصة بالجزيئات		

مراجعة الدرس

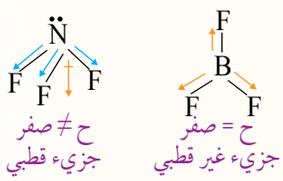
1 يعود افتراض حدوث التهجين في بعض الذرات إلى مقدار الزاوية بين الروابط التي يفترض أن تشارك فيها أفلاك P تكون 90°، وفي الواقع أنها أكثر من ذلك كما في ذرة الكربون في جزيء الميثان CH_4، وكذلك إن عدد الروابط التي تكونها الذرة لا يطابق عدد الإلكترونات المنفردة فيها، وهذا ما دعا إلى افتراض حدوث التهجين في عدد من الذرات.

2 **التهجين**: اندماجَ أفلاك مستوى التكافؤ في الذرّة نفسِها لينتجَ منه أفلاكٌ جديدة تختلف عن الأفلاك الذريّة في الشكل والطاقة

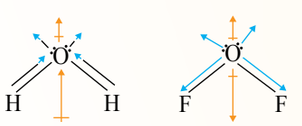
العزم القطبي: مقياسٌ كميٌّ لمدى توزّع الشحنات في الجزيء، ويعتمدُ على المسافة الفاصلة بين الشحنات على طرفي الجزيء.

3 لأن الزاوية بين الرابطتين في جزيء الماء (104.5°)، وهي أقربُ إلى الزاوية (109.5°) الناتجةِ منَ الأفلاك المُهجَّنة sp^3.

4 أ . الجزيء NF_3 يتخذ شكل هرم ثلاثي، وتكون محصلة قطبية الروابط لا تساوي صفرا، بينما الجزيء BF_3 يتخذ شكل مثلث مستو، وتكون محصلة قطبية الروابط فيه تساوي صفرا ويكون غير قطبي.



ب. لأن اتجاه محصلة قطبية الروابط في الجزيء H_2O باتجاه العزم القطبي لزوجين الإلكترونات غير الرابطة، مما يزيد من قطبية الجزيء وعزمه القطبي، بينما اتجاه محصلة قطبية الروابط في الجزيء OF_2، بعكس اتجاه العزم القطبي لزوجين الإلكترونات غير الرابطة مما يقلل من العزم القطبي للجزيء.



مراجعة الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسة**: أُوضِّحُ مُبرِّرات نظريّة التهجين.

2 - أُوَضِّحُ المقصودَ بكلٍّ من: التهجين، العزم القطبيّ.

3 - أبرّر استِخدامَ ذرّة الأُكسجين في جزيء الماء أفلاكًا مُهجَّنة مِنَ النوع sp^3.

4 - **أُفَسِّرُ**:

أ . الجزيء NF_3 قطبي بينما الجزيء BF_3 غير قطبي.

ب . العزمُ القطبيُّ لجزيء الماء (H_2O) أكبرُ مِنَ العزم القطبيِّ للجزيء (OF_2).

5 - إذا علمتُ أنَّ العنصرين ($_4X$, $_8Y$) يرتبطُ كلٌّ منهما مَعَ الهيدروجين مكوِّنًا الصيغةَ (XH_2, YH_2)، فأجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

أ . أكتُبُ تركيبَ لويس لكلٍّ منهما.

ب . أرسُمُ شكلَ كلٍّ منهما الفراغيَّ.

جـ. أُحَدِّدُ نوعَ التهجين الذي تستخدمُهُ أفلاكُ الذرّة المركزيّة في كلٍّ منهما.

د . **أُفَسِّرُ** استخدامَ الذرّة (X) الأفلاكَ المُهجَّنة في تكوين الروابط.

هـ. أُحَدِّدُ الجزيءَ الذي له عزمٌ قطبيّ.

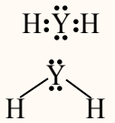
6 - يُستخدمُ الأستيلين في قصّ الفلزات وَلِحامِها في وُرَشِ تصليحِ هياكل السيارات.
أدرسُ جزيءَ الأستيلين (CH≡CH)، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

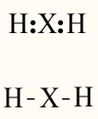
أ . **أتوقَّعُ** نوعَ التهجين الذي تستخدمُهُ كلٌّ مِن ذرّتي الكربون في الجزيء.

ب . أُحَدِّدُ عددَ الروابط سيجما وباي في الجزيء.

جـ. أسمّي الأفلاكَ التي تستخدِمُها ذرّةُ الكربون في تكوين كلٍّ مِنَ الروابط الآتية:
(C≡C), (C-H)

5 أ . تركيب لويس لكلٍّ منهما:





ب. الشكل الفراغي لكلٍّ منهما:

جـ. نوع التهجين الذي تستخدمه افلاك الذرة المركزية في الجزيء XH_2 : (sp)

وفي الجزيء YH_2 : sp^3

د) لأن الذرة X لا تمتلك إلكترونات منفردة، وتمكنت من تكوين رابطتين، مما يشير إلى حدوث اندماج للأفلاك الذرية فيها، وتكوين أفلاك مهجنة تمتلك إلكترونين منفردين، وبذلك يمكنها تكوين رابطتين أحاديّتين مع ذرتي الهيدروجين.

هـ. الجزيء YH_2

6 أ . نوع التهجين: sp

ب. ثلاثة روابط سيجما ورابطتين باي

جـ. الأفلاك: $\underset{sp\ \ sp}{(C \equiv C)}$, $\underset{sp\ \ s}{(C - H)}$

الدرس 3

القوى بين الجزيئات
Intermolecular Forces

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أعرض الفكرة الرئيسة باستخدام جهاز العرض (Data Show)، ثم أبيّن للطلبة أن جزيئات المواد- وكذلك ذرات الغاز النبيل- ترتبط في ما بينها بقوى تجاذب ذات أهمية في تحديد خصائصها الفيزيائية، وأقدّم مثالًا على ذلك الماء؛ فجزيئاته ترتبط في ما بينها بقوى تجاذب مما يجعل جزيئات الماء متماسكا ولكنه قابل للجريان.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

- كيف يتحول الماء السائل إلى الحالة الغازية؟ بالتبخير.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن الماء السائل عندما يكتسب كمية كافية من الطاقة تتكسر الروابط بين جزيئاته H_2O، ويتبخر متحوّلا إلى بخار، ولكنه يحافظ على تركيبه الكيميائي.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

قوى التجاذب بين الجزيئات

- أستخدم **أسلوب العصف الذهني** وأوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

- ترتبط الذرات في ما بينها بروابط تساهمية لتكوين جزيء المادة، كيف ترتبط الجزيئات في ما بينها لتكوين المادة؟

أتقبّل إجابات الطلبة (نوع من الترابط يسمى قوى التجاذب).

- أدير نقاشًا بين الطلبة وأتوصّل معهم إلى وجود قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين جزيئات المادة تسمى قوى التجاذب بين الجزيئات، حيث تختلف بطبيعتها عن الروابط الكيميائية التي تنشأ بين الذرات نتيجة كسب الإلكترونات، أو فقدانها، أو المشاركة فيها.

وهي المسؤولة عن الخصائص الفيزيائية للمواد، مثل قابلية التدفق والانضغاط ودرجة الغليان، ثم أبيّن لهم أن هناك ثلاثة أنواع من هذه القوى:

الروابط الهيدروجينية، وقوى ثنائية القطب، وقوى لندن.

◄ المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالرابطة الهيدروجينية؟

- أستمع إجاباتهم، أتقبّلها (رابطة تشارك فيها ذرة الهيدروجين)أبيّن لهم أنها قوة التجاذب الناشئة بين جزيئات تحتوي ذرة هيدروجين ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة أخرى ذات سالبية كهربائية عالية مثل F,O,N.

- ما أثر السالبية الكهربائية على قطبية الرابطة؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنه: كلما زاد فرق السالبية الكهربائية بين الذرتين المكونتين للرابطة تزداد قطبية الرابطة.

◄ الفكرةُ الرئيسة:
ترتبط الجزيئاتُ في الموادّ المختلفة وذرّات الغازات النبيلة بقوى تجاذب ذات أهميّة كبيرة في تحديد خصائصها الفيزيائيّة.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:
- أتوصلُ إلى المفاهيم الأساسيّة المتعلّقة بالروابط بين الذرّات والجزيئات.
- أتعرفُ أنواعَ قوى التجاذب بين الجزيئات.
- أستكشفُ أثرَ قوى التجاذب بين الجزيئات في الخصائص الفيزيائيّة للموادّ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:
القوى بين الجزيئات
Intermolecular Forces
الروابط الهيدروجينيّة
Hydrogen Bonds
قوى ثنائيّة القطب
Dipole-Dipole Forces
قوى لندن
London Forces

أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات
Types of Attraction Forces between Molecules

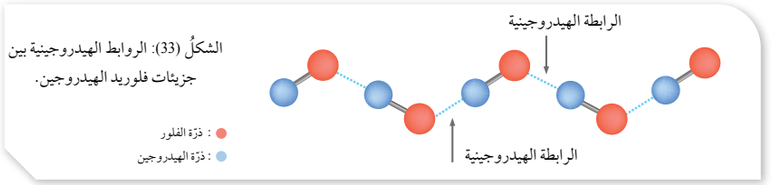
تنشأُ بين جسيمات المادّة المتجاورة (جزيئات أو ذرّات أو أيونات) قوى تجاذب تُعَدُّ المسؤولة عن خصائص المادّة، مثل درجة الغليان ودرجة الانصهار ولزوجة السوائل وغيرها، وكذلك تحوُّلاتها من حالة فيزيائيّة إلى أُخرى؛ فمثلًا، تكون هذه القوى ضعيفة جدًّا بين جزيئات الغاز؛ ما يفسِّرُ قدرتَهُ على الانتشار والتدفّق بسهولة، وفي الموادّ السائلة تكونُ قوى التجاذب بين جسيماتها قويّةً بما يكفي لثبات حجمها، أمّا الموادُّ الصُّلبةُ فتكونُ قوى التجاذب بين جسيماتها أكثرَ قوّة ممّا في الموادّ السائلة، وَيُطلَقُ على ذلك اسمُ **القوى بين الجزيئات Intermolecular Forces**، وهي قوى تجاذب تنشأ بين جسيمات المادّة نفسِها، تختلفُ بطبيعتها عنِ الروابط الكيميائيّة التي تنشأُ بين الذرّات، وعادةً تكون أضعفَ منها بكثير؛ إذ تعادل قوَّتُها (1-10%) من قوّة الرابطة التساهميّة.

وهناك ثلاثةُ أنواع أساسيّة مِنَ قوى التجاذب بين الجزيئات، هي: الروابط الهيدروجينيّة، وقوى ثنائيّة القطب، وقوى لندن وسأتعرف في هذا الدرسِ هذه القوى وأثرَها في الخصائص الفيزيائيّة للموادّ المختلفة.

الروابط الهيدروجينيّة Hydrogen Bonds

تنشأُ **الرابطةُ الهيدروجينيّةُ Hydrogen Bonds** بين الجُزَيئات التي تحتوي على ذرّة هيدروجين ترتبط في الجزيء برابطة تساهميّة بإحدى الذرّات ذات السالبيّة الكهرَبائيّة العالية، مثل: الفلور، والأُكسجين، والنيتروجين كما في الجزيئات (NH_3 , H_2O , HF).

فمثلًا، عند ارتباط ذرّة الهيدروجين مَعَ ذرّة الفلور لتكوين الرابطة (H-F) فإنّ الكثافة الإلكترونيّة تُزاحُ نحوَ ذرّة الفلور؛ ممّا يجعلُها ذات شحنة جزئيّة سالبة (δ^-)، في حين تكونُ ذرّةُ



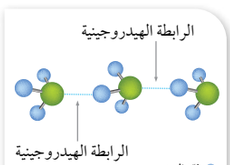
الشكلُ (33): الروابط الهيدروجينية بين جزيئات فلوريد الهيدروجين.

: ذرّة الفلور
: ذرّة الهيدروجين

الهيدروجين ذاتَ شحنة جزئيّة موجبة (δ^+)، وتكون قطبيّة الرابطة بينهما عالية، وعند اقتراب جزيئي HF من بعضِهما فإنّ الشحنة الجزئيّة الموجبة لذرّة الهيدروجين في الجزيء تنجذبُ نحوَ زوج الإلكترونات غير الرابطة في ذرّة الفلور في الجزيء المجاور، وينشأُ بينهما الرابطة الهيدروجينية، كما في الشكل (33).

وكذلك عند اقتراب جزيئات الأمونيا من بعضِها فإنّ ذرّة الهيدروجين في الجزيء الأول تنجذبُ نحو زوج الإلكترونات غيرِ الرابطة لذرّة النيتروجين مِنَ الجزيء الثاني، وتنشأُ بينها رابطةٌ هيدروجينيّة، كما يتّضِحُ في الشكل (34).

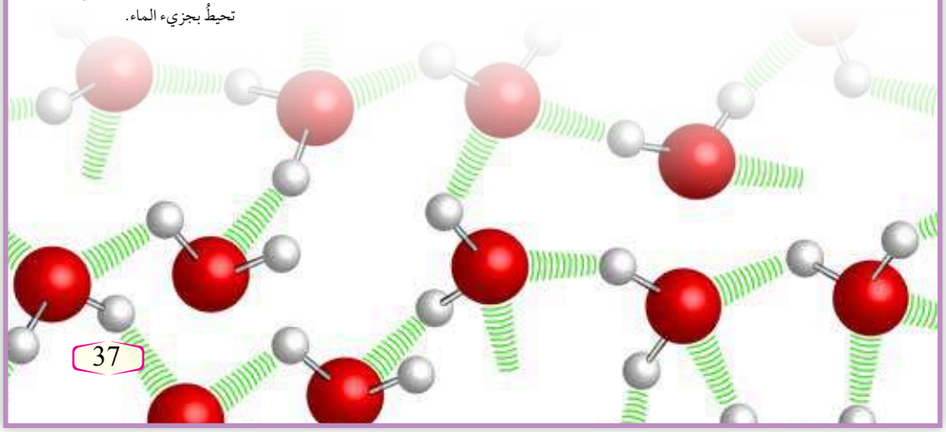
أمّا جزيئاتُ الماء (H_2O)، فيوجدُ زوجان مِنَ الإلكترونات غيرِ الرابطة حولَ ذرّة الأكسجين في الجزيء، وذرّتي هيدروجين، يمكن لكل منها تكوين رابطة هيدروجينية مع جزيئات ماء مجاورة، وبناءً على ذلك تنشأُ شبكةٌ منَ الروابط الهيدروجينيّة وتتّخذ جزيئاتُ الماء ترتيبًا شبكيًّا، كما يظهرُ في الشكل (35).



الشكلُ (34): الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الأمونيا.

الشكلُ (35): الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء.

أُحَدِّدُ عددَ الروابط الهيدروجينيّة التي تحيطُ بجزيء الماء.



37

المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– هل تتوقع أن تكوّن جزيئات الماء روابط هيدروجينية كما في جزيئات HF وNH_3؟

(نعم يمكن فهو جزيء قطبي ويحتوي أزواج إلكترونات غير رابطة)

- أستمع إجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن ذرّة الأكسجين تُحاط بزوجي إلكترونات غير رابطة وذرتي هيدروجين، يمكن لكلٍّ منها تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات ماء مجاورة؛ فينشأ عن ذلك شبكة من الروابط الهيدروجينية، وتتخذ جزيئات الماء شكلا شبكيا. أستخدم الشكل (35) في توضيح ذلك.

استخدام الصور والأشكال:

- أستخدم أسلوب «فكر، انتق زميلًا، شارك» أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (33)، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تنشأ الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات فلوريد الهيدروجين HF؟

- أطلب إلى كل طالب/ طالبة إجابة السؤال بشكل فردي، ثم مناقشة الإجابة مع زميل، ثم يعرض كل طالبين ما يتوصلان اليه.
- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن ذرة الهيدروجين ترتبط بذرة الفلور برابطة تساهمية ذات قطبية عالية؛ بسبب الفرق الكبير في السالبية الكهربائية بين الذرتين. $H - F^{-\delta} \overrightarrow{\quad} {}^{+\delta}$ وتنشأ رابطة ذات قطبية عالية، وعند اقتراب جزيئين HF من بعضهما تنجذب الشحنة الجزئية الموجبة لذرة الهيدروجين من الجزيء الأول نحو زوج إلكترونات غيرالرابط في ذرة F في جزيء مجاورة، وتنشأ الرابطة الهيدروجينية.
- ثم أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (34)، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– كيف تنشأ الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الأمونيا NH_3؟ (تنشأ رابطة بين ذرة H من الجزيء وزوج إلكترونات غير رابط من الذرة N من جزيء مجاور)

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن الرابطة N–H في جزيء NH_3 هي رابطة ذات قطبية عالية، وأن ذرة النيتروجين تمتلك زوج إلكترونات غير رابط، وعند تقارب جزيئي أمونيا NH_3 من بعضهما؛ تنجذب الشحنة الموجبة إلى ذرة الهيدروجين من الجزيء الأول نحو زوج الإلكترونات غيرالرابط في الجزيء الثاني، وتنشأ بين الجزيئين رابطة هيدروجينية.

إجابة سؤال الشكل (35):

يحاط جزيء الماء بأربع روابط هيدروجينية.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (8) والاجابة عن الأسئلة الآتية:

– ما علاقة طاقة الرابطة الهيدروجينية بقوتها؟ (طردية).

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن طاقة الرابط مقياس لقوتها؛ فكلما زادت قوة الرابطة زادت الطاقة اللازمة لكسرها أي زادت قوتها.

– أيها أقوى الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات HF،أم NH_3؟ مبررا إجابتك. (HF أقوى لأن طاقتها أكبر)

أتقبّل إجاباتهم، وأبيّن لهم أن طاقة الرابطة الهيدروجينية في جزيئات HF أعلى منها في جزيئات NH_3، وبالتالي فإن الرابطة في جزيئات HF هي الأقوى.

- أرتب الجزيئات HF, H_2O, NH_3، وفق قوة الرابطة الهيدروجينية في كلٍّ منها؟

$HF > H_2O > NH_3$

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (36) ثم أسألهم:

– هل يمكن ان تنشأ روابط هيدروجينية بين جزيئات مختلفة؟ (نعم يمكن).

أستمع لإجاباتهم وأبيّن لهم أن الرابطة الهيدروجينية يمكن أن تنشأ بين جزيئات مختلفة ترتبط فيها ذرة الهيدروجين برابطة تساهمية مع واحدة من الذرات N,O,F، مثل جزيئات الماء، والكحول، أو جزيئات الماء والأمونيا وغيرها.

أفكّر: لأن جزيء الفلور يمكنه تكوين رابطتين هيدروجينيتين في حين أن جزيئات الماء تكون شبكة من الروابط، مما يتطلب طاقة أعلى لفصلها عن بعضها بعضا، وبهذا تزداد درجة غليانه مقارنة بدرجة غليان فلوريد الهيدروجين HF.

✓ **أتحقّق:** المواد التي ترتبط جزيئاتها بروابط هيدروجينية هي: CH_3OH, CH_3NH_2

أفكّر: رغم أنّ الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات (HF) أقوى منها بين جزيئات الماء، فإنّ درجة غليان الماء (H_2O) أعلى من درجة غليان (HF).

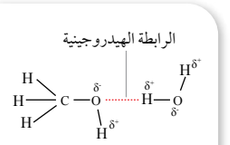
الجدول (8): طاقة الرابطة الهيدروجينيّة في بعض الجزيئات.

المادّة	الرابطة الهيدروجينيّة	طاقة الرابطة (kJ\mole)
فلوريد الهيدروجين (HF)	F – H···F	155
الماء (H_2O)	O – H···O	21
الأمونيا (NH_3)	N – H···N	13

وتعتمدُ قوّة الرابطة الهيدروجينيّة على قطبيّة الرابطة التساهميّة بين الذرّتين في الجزيء وطولها بين جزيئين متجاورين؛ فمثلًا، نجد أنّ قوّة الرابطة الهيدروجينيّة في الماء أكبرُ منها في الأمونيا؛ وذلك لأنّ قطبيّة الرابطة (O-H) أكبرُ من قطبيّة الرابطة (N-H)، وكذلك فإنّ قوّة الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات فلوريد الهيدروجين (HF) أكبرُ منها بين جزيئات الماء؛ لأنّ قطبيّة الرابطة (H-F) أكبرُ منها للرابطة (H-O).

وَتُعَدُّ طاقةُ الرابطة مقياسًا لقوّة الرابطة الهيدروجينيّة؛ فمثلًا، طاقة الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات فلوريد الهيدروجين (HF) أكبرُ من مثيلاتها بين كلٍّ من جزيئات الماء وجزيئات الأمونيا، كما يتّضح منَ الجدول (8).

كما تنشأُ الرابطة الهيدروجينيّة بين جزيئات مختلفة؛ فمثلًا، عند إذابة الميثانول (CH_3OH) في الماء فإنّ جزيئاته ترتبطُ بجزيئات الماء برابطة هيدروجينيّة، كما في الشكل (36).



الشكلُ (36): الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء والميثانول.

✓ **أتحقّق** أُحَدِّدُ، من بين الموادّ الآتية، الموادَّ التي ترتبطُ جزيئاتُها بروابطَ هيدروجينيّة: $CHCl_3$, CH_3OH , HBr , CH_3NH_2

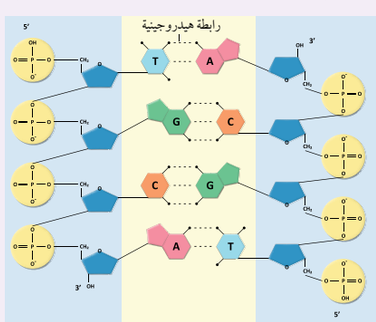
أبحثُ: أرجع إلى مواقعَ إلكترونيّةٍ مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ في دور الرابطة الهيدروجينيّة في بناء شريط الحِمض النوويّ الرايبوزيّ منقوصِ الأُكسجين (Deoxyribonucleic Acid (DNA، وأكتبُ تقريرًا بذلك، أو أُصَمِّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أبحثُ:

- أوجّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن دور الرابطة الهيدروجينية في بناء الحمض النووي DNA، وكتابة تقرير بذلك أو إعداد عرض تقديمي عنه ومناقشتهم فيه.

النتائج المتوقعة:

يتوقع أن يتوصل الطلبة إلى أن الحمض النووي يتكون من نيوكليتيدات يحتوي كل منها على مجموعة فوسفات PO_4^{3-}، وسكر الريبوز، وقاعدة نيتروجينية ترتبط في ما بينها مكونة سلاسل حلزونية كما في الشكل، تنشأ بينها روابط هيدروجينية نتيجة وجود مجموعات الهيدروكسل (OH)، وكذلك مجموعات الأميد (CONH).

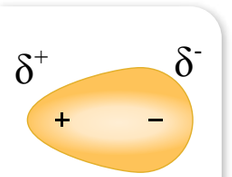


القوى ثنائيّة القطب Dipole-Dipole Forces

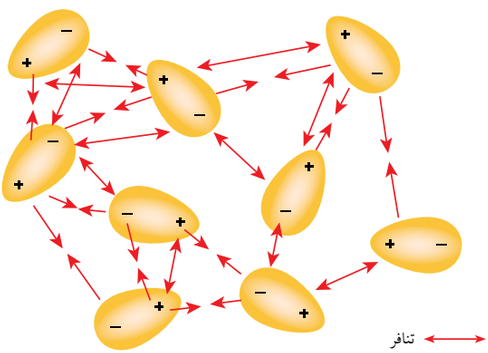
عرفتُ في ما سبق أنّ للعديد مِنَ الجزيئات عزمًا قطبيًّا، وتوصف بأنّها جزيئات قطبيّة، وهذا يعني أنّ الكثافة الإلكترونيّة تتوزّعُ على طرفي الجزيء بشكل غيرِ متجانس، فتظهرُ على أحد الطرفين شحنةٌ جزئيّة سالبة، بينما تظهرُ على الطرف الآخر شحنةٌ جزئيّة موجبة، وتسمّى هذه الجزيئات ثنائيّةَ القطب. أنظرُ الشكلَ (37).

ينشأُ تجاذبٌ بين الطرف السالب للجزيء والطرف الموجب لجزيء مجاور، وتتكوّنُ نتيجةً لذلك شبكةٌ من قوى التجاذب بين هذه الجزيئات يُطلقُ عليها **قوى ثنائيّة القطب Dipole-Dipole Forces**، إضافةً إلى هذه القوى ينشأُ تنافرٌ بين الأطراف المتماثلة الشحنة للجزيئات، إلّا أنّ ترتيبَ الجزيئات وقوى التجاذب الناشئة بينها يتغلَّبُ على قوى التنافر؛ ممّا يُبقي الجزيئاتِ متماسكةً ومنجذبة نحوَ بعضِها بعضًا في الحالتين السائلة والصُّلبة. أنظرُ الشكلَ (38).

يتّضحُ ممّا سبق أنّ القوى ثنائيّة القطب تنشأُ بين الجزيئات القطبيّة، مثل HCl ,$CHCl_3$, BF_2Cl، ويزداد تأثيرُ هذه القوى بزيادة العزم القطبيّ للجزيء.



الشكلُ (37): الجزيء ثنائي القطب.



الشكلُ (38): تكوين قوى التجاذب والتنافر بين جزيئات ثنائية القطب.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

قوى التجاذب والتنافر بين الجزيئات

تنشأ بين الجزيئات ثنائية القطب شبكة من القوى ثنائية القطب تسبب تقارب الجزيئات من بعضها بعضا، وتنشأ في الوقت نفسه شبكة من قوى التنافر بينها تدفعها مبتعدة عن بعضها بعضا، إلا أن جزئيات المادة الصُلبة والسائلة تبقى متماسكة ومنجذبة نحو بعضها بعضًا؛ مما يشير إلى تغلب قوى التجاذب بين الجزيئات على قوى التنافر الناشئة بينها، فتتباعد الجزئيات إلى أقصى مسافة ممكنة تحافظ فيها على التجاذب الناشئ بينها دون أن تنفصل عن بعضها بعضًا.

◄ المناقشة:

- أستخدم أسلوب العصف الذهني وأطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– الجزيئات المكوّنة من ذرتين مختلفتين تكون قطبية؛ لأن الرابطة بين الذرتين قطبية، فهل الجزيئات المكوّنة من أكثر من ذرتين تكون قطبية إذا كانت الروابط بين الذرات في الجزيء قطبية؟

أتقبّل إجاباتهم (قطبية، قد تكون قطبية).

- أدير نقاشًا بينهم وأتوصل معهم إلى أن الجزيء يكون قطبيا عندما تكون محصلة العزم القطبي للروابط فيه لا تساوي صفرًا. ويوصف الجزيء أن له عزمًا قطبيًّا. وأن الكثافة الإلكترونية تتوزع على أطراف الجزيء، فيظهر على أحد أطرافه شحنة جزئية موجبة بينما يظهر على الطرف الآخر شحنة جزئية سالبة، وأستخدم لتوضيح ذلك الشكل (37)، وأبيّن لهم أن هذه الجزيئات تسمى الجزيئات ثنائية القطب.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (38)، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ماذا يحدث نتيجة اقتراب الجزيئات ثنائية القطب من بعضها بعضا؟ (ينشا بينها تجاذب وتنافر).

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنه عند اقتراب الجزيئات ثنائية القطب من بعضها بعضا ينشأ تجاذب بين أطراف الجزيئات المتخالفة في الشحنة، فينجذب الطرف الموجب للجزيء نحو الطرف السالب للجزيء المجاور، وينتج من ذلك شبكة من قوى التجاذب بين الجزيئات المتجاورة يطلق على هذه القوى اسم قوى التجاذب ثنائية القطب. ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما أثر قوى التنافر بين الأطراف المتماثلة في الشحنة على جزيئات المادة؟ (تسبب تنافر بين الجزيئات فتتباعد) أوضّح لهم أنه ينشأ أيضا تنافر بين الأطراف المتماثلة في الشحنة؛ مما يجعل الجزيئات تترتب، بحيث تتغلب قوى التجاذب بين الجزيئات على قوى التنافر الناشئة بينها فتبقى متماسكة ومنجذبة نحو بعضها بعضا في الحالتين الصُلبة والسائلة.

- ثم أقدم ملخصًا يبين أن قوى التجاذب ثنائية القطب تنشأ بين الجزيئات ذات العزم القطبي (القطبية) مثل HCl, $CHCl_3$, BF_2Cl.

◄ قراءة الجداول:

- أقسّم الطلبة في مجموعات وأطلب إليهم دراسة الجدول (9)، ومقارنة درجة الغليان والحالة الفيزيائية للمركبات المختلفة في الجدول.أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما أثرنوع قوى التجاذب بين الجزيئات على الحالة الفيزيائية للمادة ودرجة غليانها؟

- أتقبّل إجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأبيّن أن المواد التي ترتبط جزيئاتها بروابط هيدروجينية بشكل عام توجد في الحالة السائلة، وتكون ذات درجة غليان أعلى من الجزيئات التي ترتبط بقوى تجاذب ثنائية القطب. ما يشير إلى أن الروابط الهيدروجينية بشكل عام أقوى من القوى ثنائية القطب.

◄ المناقشة:

- أوزّع على مجموعات الطلبة بطاقة خروج تتضمن الأسئلة الآتية:

– ما الفرق بين الرابطة الهيدروجينية والقوى ثنائية القطب، من حيث تكوين كل منهما؟

– أيهما تتوقع أن تكون درجة غليانه أعلى؛ الإيثانول CH_3CH_2OH، أم ثنائي كلوروإيثان $CH_3CH_2Cl_2$؟ أوضح إجابتي.

- أستمع لإجاباتهم، وأبيّن لهم أن الرابطة الهيدروجينة هي نوع من قوى التجاذب ثنائي القطب، ولكنها تختلف عنه بأنها تشارك فيه ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة ذات سالبية كهربائية عالية مثل (N,O,F)، بينما التجاذب ثنائي القطب ينشأ بين الجزيئات القطبية بشكل عام.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في شبكة الإنترنت على مقاطع فيديو تتناول أثر قوى التجاذب على الخصائص الفيزيائية للمادة، وأعرضها امام زملائي/ زميلاتي في الصف.

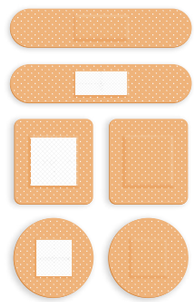
الجدولُ (9): مقارنةُ الحالة الفيزيائيّة ودرجة الغليان لبعض الموادّ

المادة	الصيغة الجزيئيّة	الحالة الفيزيائيّة	درجة الغليان ($^{\circ}C$)	نوع القوى بين الجزيئات
فلوريد الهيدروجين	HF	سائل	20	هيدروجينيّة
كلوريد الهيدروجين	HCl	غاز	-85	ثنائيّة القطب
الماء	H_2O	سائل	100	هيدروجينيّة
الأمونيا	NH_3	غاز	-33.4	هيدروجينيّة
فسفيد الهيدروجين	PH_3	غاز	-87.8	ثنائيّة القطب

تؤثر القوى ثنائية القطب في الخواصّ الفيزيائيّة للموادّ، مثل الحالة الفيزيائيّة للمادّة ودرجة الغليان وغيرها، ويكون تأثيرها أقلَّ من تأثير الروابط الهيدروجينيّة، ويبيِّنُ الجدولُ (9) مقارنةَ الحالة الفيزيائيّة ودرجة الغليان لبعض الموادّ التي ترتبطُ جزيئاتُها بروابطَ مختلفة. يتّضحُ مِنَ الجدول أنّ درجة غليان الموادّ التي ترتبطُ جزيئاتُها بروابطَ هيدروجينيّة، بوجه عامّ، أعلى منها للموادّ التي ترتبطُ جزيئاتُها بقوى ثنائيّةِ القطب، وهذا يعني أنّ الرابطة الهيدروجينيّة –بشكل عام– أقوى من القوى ثنائيّة القطب.

الربطُ بالحياةِ

اللصقاتُ الطبيّة Medical Plasters



يوجدُ العديدُ مِنَ التطبيقات العمليّة على القوى بين الجُزيئات في المجال الطبيّ، وَتُعَدُّ اللصقاتُ الطبيّةُ من أكثرها شيوعًا في الوقت الحالي، ومنها اللصقاتُ الطبيّةُ البسيطةُ المُستخدمةُ في تضميد الجروح، واللصقاتُ الخافضةُ للآلامِ الروماتيزميّةِ في الظهر والرقبة، وقدِ انتشرَ حديثًا استخدامُ اللصقاتِ الطبيّةِ عبرَ الجلد، التي تعملُ على توصيل جُرعات محدّدة مِنَ الدواء، مثل الميثول والإستروجين والسكوبولامين، إلى مجرى الدم خلالَ الجلد؛ حيث تُضافُ إلى اللصقة موادُّ لاصقةٌ كيميائيّة تتميّزُ جُسيماتُها بقدرتها على تكوين روابطَ مختلفةٍ معَ الجلد لتثبيتها مدّةً كافية، وتستخدم هذه الموادُّ –عادةً– للتقليلِ مِنَ الآثار الجانبيّة التي يمكنُ أن تنشأ عنها.

أتحقّق

1 - أُحَدِّدُ الموادَّ التي يُتوقّعُ أنّ ترتبطَ جزيئاتُها في الحالة السائلة بقوى ثنائيّة القطب: HI , BF_3 , CO_2

2 - أُرَتِّبُ الموادَّ الآتيةَ تصاعديًّا حَسَبَ درجة غليانها: NH_3 , CH_3OH , CH_3Cl

أتحقّق:

1. HI
2. $CH_3OH > NH_3 > CH_3Cl$

الربطُ بالحياةِ

- أوجّه الطلبة إلى دراسة موضوع الربط بالحياة، ثم أوجّه إليهم السؤال الآتي:

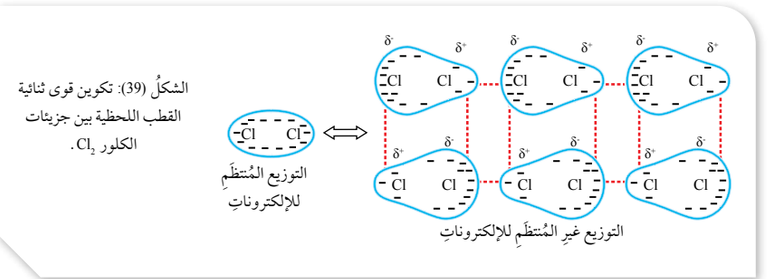
– كيف تلتصق هذه اللصقات بالجلد؟

- أستمع لإجاباتهم، وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن للصقات الطبية استخدامات واسعة في المجال الطبي، وأنها تلتصق بالجلد بسبب إضافة مواد كيميائية لها تركيب يساعدها على تكوين روابط مختلفة مع الجلد فتلتصق به مدة كافية.

قوى لندن London Forces

يمكنُ للجزيئات غيرِ القطبيّة أن تكون متماسكةً ومنجذبة نحوَ بعضِها في الحالة السائلة؛ ما يشيرُ إلى وجود نوع من قوى التجاذب بين هذه الجزيئات، رغم أنّها لا تمتلكُ خواصَّ قطبيّة، وقد تمكَّنَ العالِمُ فيرتز لندن Fritz London من دراسة هذه الموادّ، فتوصّلَ إلى وجود قوى تجاذب ضعيفة تربط بين الجزيئات سُمّيت **بقوى لندن London Forces**، وهي قوى تجاذب ضعيفة تنشأُ نتيجةَ الاستقطاب اللحظيّ للجزيئات أو الذرّات.

يحدثُ الاستقطابُ اللحظيُّ نتيجةَ توزيعِ الإلكتروناتِ غيرِ المُنتظَمِ في الجزيئات أو الذرّات؛ فمثلًا، جزيء الكلور Cl_2 غيرُ قطبي؛ لأنّ ذرّتيهِ متساويتان في السالبيّة الكهربائيّة، وبسبب حركة الإلكترونات المستمرّة في الذرّة قد يزدادُ عددُ الإلكترونات في أحد أطراف الجزيء عن الطرف الآخر في لحظة ما، فتزداد الكثافةُ الإلكترونية في ذلك الطرف ويكتسب شحنةً جزئيّة سالبة (δ^-)، وفي تلك اللحظة تظهرُ على الطرف الآخر شحنةٌ جزئيّة موجبة (δ^+)، ويصبح جزيءُ الكلور (Cl_2) قطبيًّا، إلّا أنّه سرعان ما تعود الإلكتروناتُ إلى حالة التوزيع المُنتظَم ويفقد الجزيء قطبيّته، ولذلك توصفُ قطبيّةُ الجزيء بالقطبيّة اللحظيّة، التي تؤثّرُ في الجزيئات المجاورة لتنشأَ فيها قطبيّةٌ لحظيّةٌ أُخرى، وبذلك تنشأُ بين جزيئات الكلور قوى تجاذب لحظيّة كما في الشكل (39)، يُطلقُ عليها ثنائيّة القطب اللحظيّة أو قوى لندن.



الشكلُ (39): تكوين قوى ثنائية القطب اللحظية بين جزيئات الكلور Cl_2.

تعزيز:

قوى لندن

أوضّح للطلبة أنّ قوى تجاذب لندن هي قوى تجاذب ضعيفة جدًا، تنشأ نتيجة الاستقطاب اللحظي للجزيئات أو الذرات، وبذلك فهي توجد في الجزيئات والذرات جميعها، ويكون تأثيرها أكثر وضوحًا في الجزيئات غير القطبية وذرات الغاز النبيل، وذلك بسبب عدم وجود قوى تجاذب أخرى تربط بينها.

المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– إذا كانت الجزيئات ثنائية القطب تتجاذب بسبب وجود الشحنات الجزئية على أطراف الجزيء؛ فهل تتوقع وجود تجاذب بين الجزيئات غير القطبية؟ (نعم).

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن هناك نوعًا من قوى التجاذب الضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية.

– إذا كانت هناك قوى تجاذب بين الجزيئات غير القطبية فما هذه القوى؟

- أوضّح للطلبة أنّ العالم فيرتز لندن توصل إلى وجود قوى ضعيفة تربط بين الجزيئات غير القطبية، أطلق عليها لاحقًا اسم قوى لندن؛ نسبة إلى مكتشفها. وهي قوى ضعيفة تنشأ نتيجة الاستقطاب اللحظي للجزيئات أو الذرات.

استخدام الصور والأشكال:

أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني

ورقة العمل (3)

العلاقة بين الشكل الفراغي وقطبية الجزيء

أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم مناقشة الحلّ بين أفراد المجموعة، وأوجّه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

- أدير نقاشًا حول إجاباتهم وأتوصّل معهم إلى:

يفترض أن تتوزع الإلكترونات في الجزيء بشكل منتظم كما في جزيء Cl_2 غير القطبي، إلا أنه بسبب الحركة المستمرة للإلكترونات؛ فقد يزداد عدد الإلكترونات في أحد أطراف الجزيء أكثر من طرف آخر، مما يسبب ظهور شحنة جزئية سالبة على هذا الطرف وشحنة جزئية موجبة على الطرف الآخر، ويصبح الجزيء قطبيا، إلا أن الإلكترونات تعود مباشرة إلى حالة التوزيع المنتظم ويفقد الجزيء قطبيته، ولذلك يوصف بالاستقطاب اللحظي.

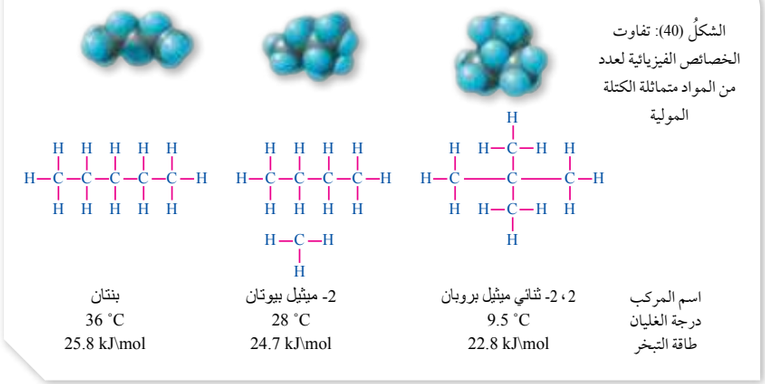
- أبيّن لهم أنه عند حدوث الاستقطاب في الجزيء؛ فإنه يؤثر في الجزيئات الأخرى، فتصبح قطبيةً في تلك اللحظة، ونتيجة لذلك ينشأ بينها قوى تجاذب لحظية تسمى قوى ثنائية القطب اللحظية أو قوى لندن.

وتتكوّن قوى لندن بين جميع الجزيئات والذرّات، إلّا أنّ تأثيرَها يكون أكثرَ وضوحًا بين الجزيئات غيرِ القطبيّة بسبب عدم وجود قوى تجاذب أُخرى بينها. إضافةً إلى الجزيئات غيرِ القطبيّة فإنّ قوى لندن توجدُ بين ذرّات الغاز النبيل، مثل الهيليوم والنيون؛ حيث يؤدّي توزيعُ الإلكتروناتِ غيرُ المُنتظَمِ إلى نشوء تلك القوى لحظيًّا بين الذرّات. وَتُعَدُّ قوى لندن من أضعف أنواع قوى التجاذب، وتعتمدُ هذه القوّةُ بشكل عامّ على عدد الإلكترونات في الجزيء أو كتلته المولية، فتزداد بزيادتها.

كما تتأثّرُ قوى لندن بأشكال الجزيئات فمثلًا، هناك ثلاثةُ مركّبات لها الصيغةُ الجزيئيّة نفسُها (C_5H_{12})، ولها الكتلةُ المولية نفسُها، إلّا أنّها تتفاوتُ في درجة غليانها وطاقة تبخّرها؛ وذلك بسبب اختلاف توزيع ذرّاتها في الجزيء واختلاف أشكالها، كما يظهرُ في الشكل (40).

تكون قوى لندن في الجزيء الذي له سلسلةٌ كربونيّة أطولُ أقوى منها في الجزيء الذي له سلسلةٌ أقصر؛ وذلك بسبب زيادة فرصة التجاذب على طول السلسلة.

أستخدم برنامجَ صانع الأفلام (Movie Maker)، وَأُصَمِّمُ فيلمًا أشرحُ فيه قوى التجاذب بين الجزيئات، ثمّ أعرضه أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكلُ (40): تفاوت الخصائص الفيزيائية لعدد من المواد متماثلة الكتلة المولية

المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية؟

– هل تتوقع وجود قوى لندن في الجزيئات القطبية؟

أستمع لإجاباتهم وأبيّن لهم أن الاستقطاب اللحظي يحدث في الجزيئات القطبية وغير القطبية جميعها، وهذا يشير إلى وجود قوى لندن في جميع الجزيئات.

– ما أثر وجود قوى لندن في الجزيئات القطبية؟

أستمع لإجابات الطلبة، وأبيّن لهم أن قوى لندن تكون ضعيفة جدا مقارنة بالقوى ثنائية القطب أو مقارنة بالروابط الهيدروجينية، فلا يكون لها تأثير واضح في هذه الجزيئات، بينما يكون تأثيرها واضحا في الجزيئات غير القطبية لعدم وجود قوى أخرى تربط بين الجزيئات.

– ما العوامل التي تؤثر في قوى التجاذب بين الجزيئات؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن هناك عوامل عدة تؤثر في قوى التجاذب؛ أهمها عدد الإلكترونات في الجزيء أو كتلته المولية، فتزداد قوى التجاذب بزيادة الكتلة المولية للجزيء، كما تتأثر قوى لندن أيضا بأشكال الجزيئات.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (40) والإجابة عن الأسئلة الآتية:

– أيّ المركبات الثلاثة لجزيئاته مساحة تلامس أكبر بين عند اقترابها من بعضها؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن طول السلسلة في البنتان أكبر من باقي المركبات؛ فهو يمثل سلسلة مستقيمة، أما المركبين الآخرين فهما أقرب إلى الشكل الكروي، وبهذا؛ فإن فرص التجاذب بين سلاسل البنتان أكبر من المركبين الآخرين.

– أقارن بين درجة الغليان للمركبات الثلاثة وفسر الاختلاف بينها؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأوضّح لهم أن سبب هذا الاختلاف هو قوى لندن الناشئة بين جزيئات كل منها، فكلما زادت قوى التجاذب الناشئة بين الجزيئات يزداد تماسكها وتزداد درجة غليانها.

– أقارن بين طاقة التبخر للمركبات الثلاثة وأفسّر الاختلاف بينها؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأوضّح لهم أن سبب هذا الاختلاف هو قوى لندن الناشئة بين جزيئات كل منها، فكلما زادت قوى التجاذب الناشئة بين الجزيئات يزداد تماسكها وتزداد طاقة تبخرها.

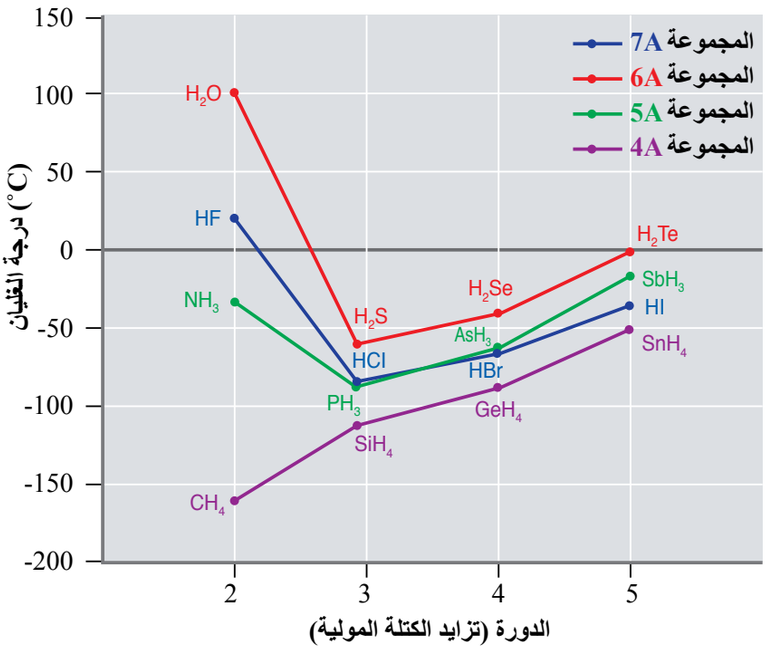
أوجه الطلبة إلى عرض فيلم يوضح أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات باستخدام صانع الأفلام (Movei Maker)، ومشاركته زملاءهم في الصف.

يتّضحُ ممّا سبق أنّ الخصائصَ الفيزيائيّة للموادّ، مثل: درجة الغليان، ودرجة الانصهار، والصّلابة، وطاقة التبخّر، تزداد بوجهٍ عامّ بزيادة قوى التجاذب بين الجزيئات، سواء أكانت الروابط الهيدروجينيّة أم قوى ثنائيّة القطب أم قوى لندن، ويبيِّنُ الشكلُ (41) أثرَ القوى بين الجزيئات في درجة الغليان لعدد مِنَ الموادّ.

ألاحظ مِنَ الشكل أنّ القوى بين الجزيئات تزدادُ بزيادة العدد الذريّ لعناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوريّ وبزيادة الكتلة المولية للموادّ التي تكوِّنُها هذه العناصر، وذلك يفسِّرُ الزيادةَ في درجة غليان هذه الموادّ.

أفكّر: درجةُ غليان المركّب SbH_3 أعلى من درجةِ غليان المركّب NH_3.

الشكلُ (41): أثر القوى بين الجزيئات في درجة الغليان لعدد من المواد بزيادة كتلتها المولية.



استخدام الصور والأشكال:

أستخدم إستراتيجية العمل التعاوني

ورقة العمل (4)

أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (4) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم نناقش الحلّ معًا، أوجّه كل مجموعة إلى عرض إجاباتها ومناقشتها مع المجموعات الأخرى.

- أدير نقاشًا بين المجموعات وأوضّح لهم أثر قوى التجاذب على الخصائص الفيزيائية المختلفة للمركبات ومنها درجة الغليان.
- وأبيّن لهم العوامل التي تزيد من قوة التجاذب بين الجزيئات. وأستخدم الشكل (41) لمقارنة أثر هذه العوامل.

أفكّرُ

رغم أن جزيئات NH_3 ترتبط بروابط هيدروجينية؛ إلا أن كتلتها المولية صغيرة وعدد الإلكترونات فيها أقل بكثير مقارنة بجزيئات SbH_3 ذات الكتلة المولية أكبر، وتحتوي عددا أكبر من الإلكترونات، مما يزيد من قوى لندن بين جزيئاتها لتفوق بذلك قوة الرابطة الهيدروجينية في جزيئات NH_3، وبذلك فإنها تتطلب طاقة أعلى للوصول إلى درجة الغليان؛ مما يجعل درجة غليان SbH_3 أكبر من درجة غليان NH_3.

قوى التجاذب وعمل المنظفات الصابونية

- أوجّه الطلبة إلى دراسة موضوع الربط بالحياة، ثم أوجّه إليهم الأسئلة الآتية:

– مم يتكون الصابون؟ (يتكون الصابون من الزيت)

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أن الصابون مركب أيوني يتكون من أملاح دهنية صيغتها العامة $RCOO^-Na^+$.

– كيف يعمل الصابون؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم باستخدام الشكل أنه عند إذابة الصابون في الماء؛ فإنه يتفكك إلى قسمين أحدهما سلسلة الهيدروكربونية طويلة أحد أطرافها سالب الشحنة $RCOO^-$ والطرف R يمثل سلسلة من الهيدروكربون تكون ذرات الكربون فيها غير قطبية.

ينجذب طرفها السالب نحو الطرف الموجب للماء، أما الطرف الهيدروكربوني فينجذب نحو الأوساخ وينغمس فيها ويتجاذب معها بقوى لندن، مما يعمل على إضعاف قوى التجاذب بين الأوساخ نفسها؛ فيعمل على تشتيتها، وينسحب طرف الصابون المنجذب نحو الماء مع جريان الماء ساحبا معه الأوساخ المنجذبة نحو الطرف الهيدروكربوني.

أتحقَّق:

1. C_3H_8, Ne, $SiCl_4$

2. طاقة تبخر المادة C_5H_{12}، وذلك لأن لها كتلة مولية أكبر وكذلك سلسلة الكربون فيها أطول

C_3H_8: $CH_3CH_2CH_3$

C_5H_{12}: $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

وبذلك فإن قوى لندن بين جزيئاتها أقوى من تلك التي بين جزيئات C_3H_8.

الربطُ بالحياةِ

قوى التجاذب وعمل المنظّفات الصابونيّة

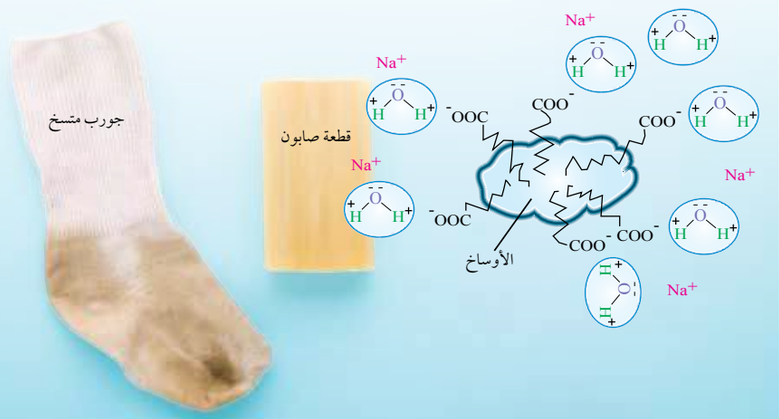
يتكوّنُ الصابونُ من أملاح دهنيّة لها الصيغة العامّة $RCOO^-Na^+$، وتمتلكُ طرفًا أيونيًّا (COO^-Na^+) وطرفًا آخَرَ R، وهو سلسلةٌ هيدروكربونيّةٌ طويلةٌ غيرُ قطبيّة. وعند إضافة الصابون إلى الماء والملابس المتسخة، فإنّ الطرفَ الأيونيّ يتجاذبُ معَ الأطراف المشحونة للماء وتنتشرُ خلالَه، أمّا الطرفُ الهيدروكربونيُّ غيرُ القطبيّ R مِنَ الصابون فينغمسُ داخلَ الأوساخ وينتشرُ بينها ويتجاذبُ مَعَها بقوى لندن؛ ما يسبِّبُ إضعافَ قوى التجاذب بين جسيمات الأوساخ نفسِها وتشتيتَها، وعند جريان الماء ينسحبُ الطرفُ الأيونيُّ للصابون مَعَ الماء ساحبًا مَعَهُ الطرفَ الهيدروكربونيّ والأوساخَ المرتبطة به؛ ما يؤدّي إلى تخلُّص الملابس من تلك الأوساخ.

أتحقَّق:

1 - أُحَدِّدُ الموادَّ التي ترتبط جسيماتُها بشكل رئيس بقوى لندن

C_3H_8 , CH_3CH_2OH , Ne , $SiCl_4$, HBr

2 - أيُّها أتوقّع أن يكون له درجة غليان أعلى، C_3H_8 أم C_5H_{12}؟ أبرّر إجابتي.



معلومة إضافية

الصابون هو أملاح الصوديوم لحموض دهنية مثل ستيرات الصوديوم $C_{17}H_{35}COONa$، ويُحضّر بغلي الزيت أو الدهون مع قاعدة قوية مثل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مع التحريك حتى يتكون الصابون.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

الحمض الدهني هو حمض عضوي كربوكسيلي يزيد فيه عدد ذرات الكربون عن 12 ذرة. أما الدهون فهي إسترات ثلاثية تتكون من اتحاد 3 مولات من الحموض الدهنية مع مول من الجليسرول (كحول ثلاثي).

3 مول حمض دهني + مول جليسرول ⇦ مول إستر + 3 مول ماء

ويتفكك الدهن بالتسخين مع قاعدة قوية NaOH؛ فيتكون أملاح الصوديوم الدهنية التي تشكل الصابون.

التجربة 3

قوى التجاذب بين الجزيئات والخصائص الفيزيائية للمواد

الهدف: استقصاء أثر قوى التجاذب المختلفة في الخصائص

زمن التنفيذ: 10 min

إرشادات السلامة:

أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر، وارتداء معطف المختبر، والنظارات الواقية، والقفازات.

المهارات العلمية: التصميم، الرسم، التفسير، الاستنتاج.

إجراءات وتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات وأتأكد من توافرها وجاهزيتها قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المواد والأدوات اللازمة لتنفيذ النشاط، ثم أحدّد المهمات التي ستنفذها كل مجموعة.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّهًا ومرشدًا ومساعدًا.
- أتابعهم أثناء تنفيذ المهمات، وأقوّم أداءهم باستخدام أداة التقييم المرفقة، وأتأكد أنهم تمكنوا من تعبئة الجدول بشكل صحيح.
- بعد انتهاء العمل؛ أطلب إلى المجموعات عرض ما تم التوصل اليه.
- أدير نقاشًا بين الطلبة حول ما جرى التوصل اليه، وأجيب عن تساؤلاتهم.
- أطلب إليهم تسجيل ما توصلو اليه في الجدول في كراس الأنشطة والتجارب العملية، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة، وأناقشها معهم وأصحح الأخطاء.

التحليل والاستنتاج:

1. لأن ذرات الغاز تقترب إلى حد كاف من بعضها بعضا، ونظرا لحدوث توزيع غيرمنتظم للإلكترونات في الذرات؛ فإنها تصبح في حالة استقطاب لحظي مما يسبب حدوث تجاذب لحظي (قوى لندن) بين الذرات.
2. لأن جزيئات الماء ترتبط في ما بينها بروابط هيدروجينية، وهي اقوى من قوى ثنائية القطب التي تربط جزيئات المواد الأخرى في المجموعة السادسة؛ مما يزيد من درجة غليان الماء.

التجربةُ 3

قوى التجاذب بين الجزيئات والخصائص الفيزيائيّة للموادّ

الموادُّ والأدوات:

أقلامُ تخطيط متعدّدةُ الألوان، مسطرة طويلة (30 cm)، ورق بيانيّ، مصادر تعلُّم إلكترونيّة (شبكة الإنترنت).

إرشاداتُ السلامة:

- أتّبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خطواتُ العمل:

1- باستخدام مراجعَ مناسبة، أُحَدِّدُ درجةَ غليان الموادّ في الجدول، ثمّ أُسجِّلُها.

المادّة	الكتلة المولية أو الذرية	نوع قوى التجاذب بين الجسيمات في الحالة السائلة	درجة الغليان (°C)	الحالة الفيزيائيّة عند درجة حرارة الغرفة
Ne	20			
Ar	40			
Kr	84			
H_2O	18			سائل
H_2Se	81			
H_2Te	129.6			

2- أُحَدِّدُ نوعَ قوى التجاذب التي تربط جسيمات كلٍّ من هذه الموادّ، ثمّ أُسجِّلُها.

3- أُحَدِّدُ الحالةَ الفيزيائيّة للموادّ عند درجة حرارة الغرفة، ثمّ أُسجِّلُها.

4- **أرسُمُ بيانيًّا** العلاقة بين درجة الغليان والكتلة الذريّة لذرّات العناصر النبيلة.

5- **أرسُمُ بيانيًّا** على ورقة الرسم البيانيّ نفسِها بلون مختلف العلاقة بين درجة الغليان والكتلة المولية للموادّ الأُخرى المذكورة في الجدول.

التحليلُ والاستنتاج:

1- **أُفَسِّرُ** وجودَ قوى تجاذب بين ذرّات الغاز النبيل في الحالة السائلة.

2- **أُفَسِّرُ** ارتفاعَ درجة غليان الماء مقارنةً مع باقي المركّبات في الجدول، رغم أنّها مركّباتٌ لعناصر المجموعة السادسة.

3- **أستنتجُ** العلاقةَ بين الكتلة المولية أو الذريّة للمادّة ودرجة غليان المادّة نفسِها، وعلاقة ذلك كُلِّهِ بقوى التجاذب.

3. تزداد درجة غليان المادة بزيادة الكتلة المولية، وذلك أن زيادة الكتلة المولية يشير إلى زيادة عدد الإلكترونات في الجزيئات، مما يزيد من قوة التجاذب الناشئة عنها، وبالتالي تزداد درجة الغليان.

تقويم تجربة قوى التجاذب بين الجزيئات والخصائص الفيزيائية للمواد.

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

الرقم	معيار الأداء	4	3	2	1
1	تحديد نوع قوى التجاذب بين الجُسيمات في المواد المختلفة.				
2	التعبير بالرسم البياني عن العلاقات بين قوى التجاذب والخصائص الفيزيائية.				
3	تفسير اختلاف الخصائص الفيزيائية للمواد المختلفة.				
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة.				

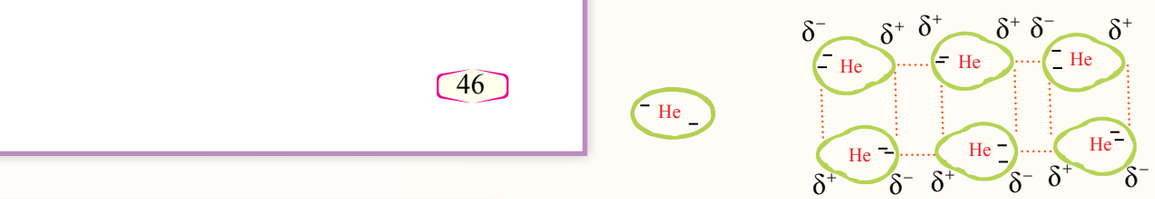
مراجعة الدرس

1 بسبب اختلاف تركيبها واختلاف نوع قوى التجاذب التي تربط بين جزيئاتها أو ذراتها في حالة الغازات النبيلة.

2 **الرابطة الهيدروجينية:** قوّةُ تجاذب تنشأُ بين جُزيئاتٍ تشاركُ فيها ذرّةُ الهيدروجين المرتبطة في الجُزيء برابطة تساهميّة معَ ذرّة أُخرى ذاتِ سالبيّة كهرَبائيّة عالية، مثل ذرّات N, O, F.

قوى لندن: قوى تجاذب ضعيفةٌ تنشأُ نتيجة الاستقطاب اللحظيّ للجُزيئات أو الذرّات.

3 أثناء حركة الإلكترونات في ذرة الهيليوم يحدث توزيع غير منتظم للإلكترونات في لحظة ما، فتزداد الكثافة الإلكترونية عند أحد الأطراف وتظهر عليه شحنة جزئية سالبة، وتظهر شحنة جزئية موجبة على الطرف الآخر، ويؤدي ذلك إلى حدوث استقطاب في الذرات المجاورة، مما يؤدي إلى تكوين ثنائي القطب اللحظي بين ذرات الهيليوم.



4 أ . يحتوي المركب $HOCH_2CH_2OH$ على مجموعتين (OH)، ويمكنه تكوين مجموعتين من الروابط الهيدروجينية، ويكون التجاذب بين جزيئاته أكبر من المركب CH_3CH_2OH الذي يحتوي مجموعة واحدة (OH)، ويكوّن مجموعة واحدة من الروابط الهيدروجينية.

ب. $GeCl_4 > SiCl_4 > CCl_4$

هذه المركبات جميعها غير قطبية؛ ترتبط جزيئات كل منها بقوى لندن التي تزداد بزيادة الكتلة المولية للمركبات، وهي تزداد من CCl_4 إلى $GeCl_4$، وبالتالي؛ فإنها تتطلب طاقة أكبر للتغلب على قوة التجاذب بين الجزيئات، مما يزيد من طاقة التبخر المولية.

5

الجُسيمات	قوة التجاذب
He	لندن
$CH_3CH_2NH_2$	هيدروجينية
HBr	ثنائية القطب
$CH_2=CH_2$	لندن

6 $CH_4 < C_2H_6 < HCl < CH_3OH$

مراجعة الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوَضِّحُ سببَ اختلاف المواد في خصائصها الفيزيائيّة.

2 - أُوَضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ: الرابطةِ الهيدروجينية، قوى لندن.

3 أُوَضِّحُ، تكوُّنَ ثنائيِّ القطب اللحظيّ بين ذرّات الهيليوم (He).

4 - **أُفَسِّرُ:**

أ . درجةُ غليان المركّب $HOCH_2CH_2OH$ أعلى من درجة غليان المركّب CH_3CH_2OH.

ب . أُرَتِّبُ درجة غليان مركبات عناصر المجموعة الرابعة على النَّحو:

$(GeCl_4 > SiCl_4 > CCl_4)$

5 - أُحَدِّدُ نوعَ قوى التجاذب بين جسيمات كلٍّ منَ الموادّ الآتية في الحالة السائلة:

$CH_2=CH_2$, HBr , $CH_3CH_2NH_2$, He

6 - أُرَتِّبُ الموادَّ الآتيةَ تصاعديًّا حَسَبَ تزايد قوّة التجاذب بين جزيئاتها في الحالة السائلة في الظروف نفسها:

CH_3OH , CH_4 , HCl , C_2H_6

شاشات الغرض (LCD)

المناقشة:

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:

– ماهي شاشات العرض LCD؟

- أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، وأبيّن لهم أنها الشاشات التي نستخدمها في حياتنا اليومية، مثل شاشات العرض التلفزيوني، وشاشات الحاسوب، والساعات الرقمية وشاشات أفران الميكروويف وغيرها.
- أبيّن لهم أن هذه الشاشات تستخدم نوعا خاصا من البلورات تعرف بالبلورات السائلة، ويعتمد مبدأ عملها على قوى التجاذب بين الجزيئات.

– ما أهم خصائص البلورات السائلة؟

- أستمع لإجاباتهم وأبيّن لهم أنّ البلورات السائلة تجمع بين خصائص المواد الصُلبة والسائلة، إذ يمكن لجزيئاتها أن تصطفّ باتجاهات محددة وفقا لحالة استقطابها، وتحافظ على ترتيبها كما في المواد الصُلبة، كما يمكنها الانتقال من موقعها كما في المواد السائلة، ولكنها أقرب إلى المواد السائلة، وذلك لأن قوى التجاذب ثنائية القطب الناشئة بين جزيئاتها تكون ضعيفة نسبيا فيتطلب التغلب عليها كمية قليلة من الطاقة.

– كيف تعمل البلورات السائلة؟

- أستمع لإجاباتهم، وأبيّن لهم أن البلورات السائلة توجد في أطوار عدة مختلفة تعتمد على درجة الحرارة وطبيعة المادة، وتتأثر بالمجال الكهربائي والضوء، فعند تعرضها للضوء؛ فإن جزيئاتها تترتب بطريقة معينة تبعًا لشدة الضوء وفرق الجهد الكهربائي المؤثر فيها، مما يسمح للضوء بالمرور من خلالها، ثم يجري عرض الضوء بألوان مختلفة عن طريق الاستقطاب الحادث للجزيئات.

الإثراءُ والتوسعُ

شاشات العرض (LCD)

تُعَدُّ شاشاتُ العرض بأنواعها المتعدّدة مِنَ التِّقْنِيّاتِ الحديثةِ واسعةِ الاستخدام من حولنا، مثل شاشات البلّورات السائلة (Liquid Crystal Display (LCD، وشاشات الحاسوب المحمول، والساعات الرَّقْمِيَّة، وأفران الميكروويف، ومشغّلات الأقراص المُدمَجة و...، التي تستخدِمُ ما يُعرف بالبلّورات السائلة (Liquid Crystal)، التي يعتمدُ مبدأُ عملها على قوى التجاذب بين الجزيئات.

وتتميّزُ البلّوراتُ السائلةُ بأنّها تجمعُ بين خصائص المادّتين الصُّلبة والسائلة في الوقت نفسِه؛ حيث يمكن لجزيئاتها أن تترتَّبَ وتصطفَّ باتجاهات محدّدة وَفقَ حالة استقطابها وتحافظَ على ترتيبها كما في الموادّ الصُّلبة، كما يمكنُها الانتقالُ من موقع إلى آخَرَ كما في الموادّ السائلة، فهي أقربُ إلى الموادّ السائلة مِنَ الموادّ الصُّلبة؛ وذلك أنّ قوى التجاذب ثنائيّة القطب بين جزيئاتها ضعيفةٌ نسبيًّا؛ ممّا يتطلّبُ تزويدَ البلّورة بكميّة قليلة مِنَ الطاقة للتغلّب عليها وتحرير جزيئاتها، وهذا يسمحُ لها بالانتقال من موقع إلى آخَرَ كما في السوائل الحقيقيّة.

وتوجدُ البلّوراتُ السائلةُ في عدّة أطوار مختلفة تعتمد على درجة الحرارة وطبيعة الموادّ التي تصنع منها. وبوجه عامّ، تتكوّنُ البلّوراتُ السائلة من جزيئات صُلبة ثنائيّة القطب تتأثّرُ بالمجال الكهرَبائيّ كما تتأثّرُ بالضَّوء، فعند تعرُّضها للضَّوء تترتَّبُ جزيئاتُها بطريقة معيّنة وَفقَ شدّة الضَّوء وفرق الجهد الكهرَبائيّ المؤثّر فيها؛ ممّا يسمح للضَّوء بالمرور من خلالها، وَمِنْ ثَمَّ تُعرَضُ الألوانُ المختلفة بواسطة الاستقطاب، الذي يحدث لجزيئات البلّورة السائلة والهيكل المحدّد لشاشة (LCD).

أبحث أرجع إلى مواقعَ إلكترونيّةٍ مناسبة عبرَ شبكة الإنترنت، وأبحثُ في مكوّنات شاشات العرض (LCD) وآليّة عملها، وأكتبُ تقريرًا بذلك، أو أُصمّمُ عرضًا تقديميًّا حولَ الموضوع، ثمّ أناقشُهُ في الصّفّ.

أبحث أبحث أوجّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث عبر شبكة الانترنت والبحث في مكونات شاشات العرض (LCD) وآلية عملها، وكتابة تقرير بذلك، أو إعداد عرض تقديمي، وأناقشهم فيه.

النتائج المتوقعة:

قد يتوصل بعض الطلبة إلى مكونات شاشات العرض دون توضيح الية عملها، أو قد تصف بعض النتائج كيفية عمل الشاشة دون توضيح مكوناتها، أشجع الطلبة على تعميق بحثهم للتوصل إلى مكونات شاشة العرض والية عملها.

1 **الرابطة التناسقية**: إحدى أنواع الروابط التساهميّة، تنشأُ نتيجة مشاركة إحدى الذرّتين بزوج مِنَ الإلكترونات، في حين تشاركُ الذرّةُ الأُخرى بفلك فارغ.

الفلك المهجن: فلك جديد ينتج مِنَ اندماج أفلاك الذرّة نفسِها، يختلفُ عنها في الشكل والطاقة ويشاركُ في تكوين الروابط.

قوى التجاذب ثنائية القطب: قوى تنشأُ بين جُزيئات قطبيّة نتيجة وجود الشحنات الجزئيّة السالبة والموجبة على هذه الجُزيئات.

2

X:A:X	X:Ä:X	X:Ä:X
خطي	رباعي الأوجه منتظم	هرم ثلاثي

3

أوجه المقارنة	NH_3	BH_3
عدد أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية	4	3
عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة	1	0
نوع التهجين في الذرة المركزية	SP^3	SP^2
الشكل الفراغي	هرم ثلاثي	مثلث مستو
الزاوية بين الروابط	107°	120°
قطبية الجزيئات	قطبي	غير قطبي

4 أ. قبل التهجين: $1s^2, 2s^2$

بعد التهجين: $1s^2, 2sp^1\ 2sp^1$

ب. نوع التهجين في الذرة المركزية Be: sp

جـ. أحدد نوع الأفلاك المكوّنة للرابطة

$sp - p$: Be – F

د. أتوقع مقدار الزاوية بين الروابط (الأفلاك المهجنة) في الجزيء BeF_2: 180°

هـ. الشكل البنائي : خطّي F – Be – F

5 أ. :F:X:F: :F:Y:F:

ب. العدد الذري للعنصر Y : 4 ، وللعنصر X : 8

جـ. نوع الأفلاك التي تستخدمها Y : sp و X : sp^3

د + هـ.

F–Y–F	F, Ẍ, F
180	104
غير قطبي	قطبي

6

H–Be–H	Cl, C, H, H, Cl	Cl, O, Cl	Cl, B, Cl, Cl	N, F, F
غير قطبي	غير قطبي	قطبي	غير قطبي	قطبي

7 أ. لأن جزيئات CH_3CH_2Cl ترتبط بقوى ترابط ثنائية القطب؛ ترتبط جزيئات CH_3CH_3 بقوى لندن، وبذلك فإن الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات CH_3CH_2Cl أعلى مما يلزم لجزيئات CH_3CH_3.

ب. يحتوي المركب $NH_2CH_2CH_2NH_2$ على مجموعتين (NH_2) ويمكنه تكوين مجموعتين من الروابط الهيدروجينية، ويكون التجاذب بين جزيئاته أكبر من المركب $CH_3CH_2CH_2NH_2$ الذي يحتوي مجموعة واحدة (NH_2)، ويكوّن مجموعة واحدة من الروابط الهيدروجينية.

جـ. قطبية الروابط في الجزيء CCl_4 تلغي بعضها بعضا؛ فيكون الجزيء غير قطبي، في حين أن قطبية الروابط في الجزيء $CHCl_3$ لا تلغي بعضها بعضا فيكون الجزيء قطبيا.

د. قطبية الروابط تلغي بعضها بعضا فيكون الجزيء غير قطبي.

هـ. جزيئات الإيثانول قطبية تظهرعلى أطرافها شحنات جزئية موجبة وأخرى سالبة، وترتبط في ما بينها بروابط هيدروجينية، وكذلك الماء جزيئاته قطبية، وترتبط في ما بينها بروابط هيدروجينية، مما يسبب حدوث تجاذب بين جزيئات الماء وجزيئات الإيثانول، وترتبط بروابط هيدروجينية؛ مما يساعد على ذوبان الايثانول، في حين أن جزيئات الايثان C_2H_6 غير قطبية؛ مما يقلل من انجذابها نحو جزيئات الماء وبذلك يكون عديم الذوبان.

1. أُوَضّح المقصودَ بكلٍّ مـنَ المفاهيـم الآتيـة: الرابطـة التناسـقيّة، الفلَـك المُهجَّـن، قـوى التجـاذب ثنائيّـة القطـب.

2. **أتوقّعُ** الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ مـنَ الجزيئـات الآتية، بالاعتمـاد على تراكيـب لويـس لـكلٍّ منها:

X:A:X X:Ä:X X:Ä:X

3. **أُقارنُ** بين الجزيئين NH_3 , BH_3، من حيثُ: عددُ أزواج الإلكترونات حـولَ الذرّة المركزيّة، عـددُ أزواج الإلكترونـات غيـرِ الرابطـة، نـوعُ التهجيـن في الـذرّة المركزيّة، الشـكلُ الفراغيّ، الزاويـةُ بيـن الروابـط، قطبيّـةُ الجزيئات.

4. أُجيـبُ عمّـا يأتي في مـا يتعلّـقُ بالجزيء BeF_2. علمًـا أنّ العـددَ الـذريَّ للبيريليوم (4):

أ. أكتبُ التوزيـعَ الإلكترونيَّ لـذرّة البيريليوم (Be) قبـلَ التهجيـن وبعدَه.

ب. أُحَدِّدُ نوعَ التهجين في الذرّة المركزيّة Be.

جـ. أُحَدِّدُ نوعَ الأفلاك المكوِّنة للرابطة Be - F.

د. **أتوقّعُ** مقـدارَ الزاوية بيـن الروابط (الأفلاك المُهجَّنة) فـي الجزيء BeF_2.

هـ. أرسُمُ الشكلَ البنائيَّ للجزيء وأسمّيه.

5. عنصـران (X ،Y) منَ الـدورة الثانيـة، يكوّنان معَ الفلـور الصيغتين (XF_2 ، YF_2) علـى التوالي. إذا كان المركّـبُ XF_2 يمتلـكُ أزواجَ إلكترونات غيـرِ رابطة، فأجيـبُ عنِ الأسـئلة الآتية:

أ. أكتُبُ تركيبَ لويس لكلٍّ منَ المركّبين.

ب. أُحَدِّدُ العددَ الذريَّ لكلٍّ من X و Y.

جـ. أُحَـدِّدُ نـوعَ الأفـلاك التـي تسـتخدِمُها كلٌّ مـنَ الذرّتيـن فـي تكويـن الروابـط.

د. أرسُـمُ الشـكلَ الفراغيَّ لكلٍّ من XF_2 و YF_2، وَأُحَدِّدُ قطبيّـة كلٍّ منهما.

هـ. **أتوقّعُ** مقـدارَ الزاويـة بيـن الروابـط في كلٍّ مـنَ المركّبين.

6. أرسُـمُ الأشـكالَ الفراغيّـة لـكلٍّ مـنَ الجزيئـات الآتيـة، وَأُبَيِّـنُ قطبيّـةَ كلٍّ منها:

NF_3, BCl_3, OCl_2, CH_2Cl_2, BeH_2

7. **أُفَسِّرُ**:

أ. درجـةُ غليـان المركّـب CH_3CH_2Cl أعلـى منهـا للمركّـب CH_3CH_3.

ب. درجـةُ غليـان المُركّـب $NH_2CH_2CH_2NH_2$ أعلـى منهـا للمركّـب $CH_3CH_2CH_2NH_2$.

جـ. الجـزيءُ $CHCl_3$ قطبـيٌّ، بينمـا الجـزيء CCl_4 غيـرُ قطبـيّ.

د. الرابطـةُ (B-F) قطبيّـةٌ، بينمـا الجـزيءُ BF_3 غيـرُ قطبيّ.

هـ. يـذوبُ الإيثانـول C_2H_5OH في المـاء، بينما الإيثـانُ C_2H_6 لا يذوب.

8 . أُنَظِّمُ جدولًا، أُقارنُ فيه بينَ الجزيئات PCl_3 و H_2O و CO_2 و $GeCl_4$

الجزيء	التهجين في الذرّة المركزيّة	وجود أزواج الإلكترونات غير الرابطة حولَ الذرّة المركزيّة	الشكل البنائيّ للجزيء	مقدار الزاوية بين الروابط	قطبيّة الجزيئات
PCl_3					
H_2O					
CO_2					
$GeCl_4$					

9 . الإيثينُ مركّبٌ عضويٌّ صيغتُه C_2H_4، يعرفُ باسمِ الإيثيلين يستخدمُ في صناعةِ المبلمرات البلاستيكيةَ. إذا كان العددُ الذريُّ للكربون (6)، فأرسُمُ تركيبَ لويس للجزيء، ثمّ:

أ . أُحَدِّدُ عددَ الروابط سيجما (σ) وباي (π) في الجزيء.

ب . أُبَيِّنُ نوعَ التهجين الذي تستخدِمُهُ ذرّةُ الكربون.

جـ . أُوَضِّحُ توزيعَ أزواج الإلكترونات في الفراغ حولَ ذرّة الكربون.

د . أُحَدِّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط حولَ كلِّ ذرّة كربون.

10. أدرُسُ الجدولَ الآتي، ثمّ أُجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

J																	A
	L											X	U	M	G	E	R
															W	D	

أ . أكتبُ تركيبَ لويس لكلٍّ من: L, X, U, M

ب . أكتبُ تركيبَ لويس للجزيئات: XE_3, GD_2

جـ . أتوقّعُ الشكلَ الفراغيَّ لكلٍّ منَ المركّبات: LE_2, XD_3, ME_3, UD_4

د . أُحَدِّدُ الجزيءَ القطبيَّ بين الجزيئات: GD_2, XD_3, UD_4, LE_2

هـ . أُحَدِّدُ نوعَ تهجين الذرّة المركزيّة لكلٍّ منَ الجزيئات: LE_2, XD_3, ME_3, UD_4, GD_2

و . أُحَدِّدُ مقدارَ الزاوية بين الروابط في كلٍّ منَ الجزيئات: XD_3, ME_3, GD_2

ز . أُحَدِّدُ الجزيئاتِ القطبيّةَ بين الجزيئات: LE_2, XD_3, ME_3, UD_4, GD_2

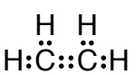
ح . أُقارِنُ بالرَّسمِ قطبيّةَ الجزيء MJ_3 بالجزيء ME_3

ط . أُحَدِّدُ المادّةَ الأعلى درجة غليان في الحالة السائلة A أم R، وأفسّر ذلك.

8

الجزيء	التهجين في الذرة المركزية	أزواج الإلكترونات غير رابطة حول الذرة المركزية	الشكل البنائي للجزيء	مقدار الزاوية بين الروابط.	قطبية الجزيئات
PCl_3	sp^3	يوجد زوج	هرم ثلاثي	107°	قطبي
H_2O	sp^3	يوجد زوجين	منحني	104.5°	قطبي
CO_2	sp	لا يوجد	خطي	180°	غير قطبي
$GeCl_4$	sp^3	لا يوجد	رباعي الأوجه منتظم	109.5°	غير قطبي

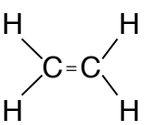
9 تركيب لويس للجزيء



أ . 5 روابط (σ) ورابطة واحدة (π)

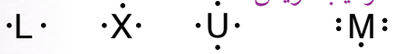
ب. التهجين الذي تستخدمه ذرة الكربون: sp^2

جـ. توزيع أزواج الإلكترونات في الفراغ حول ذرة الكربون:



د . مقدار الزاوية بين الروابط حول كل ذرة الكربون: 120°

10 أ . تركيب لويس:



ب. تركيب لويس للجزيئات:

جـ.

المركب	UD_4	ME_3	XD_3	LE_2
الشكل الفراغي	رباعي الأوجه منتظم	هرم ثلاثي	مثلث مستو	خطي

د.

LE_2	UD_4	XD_3	GD_2
غير قطبي	غير قطبي	غير قطبي	قطبي

هـ.

المركب	GD_2	UD_4	ME_3	XD_3	LE_2
نوع التهجين	sp^3	sp^3	sp^3	Sp^2	sp

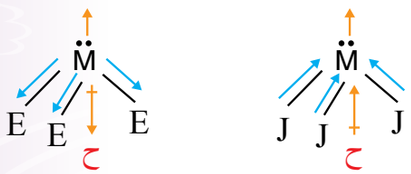
و.

المركب	GD_2	ME_3	XD_3
الزاوية	104.5°	107°	120°

ز.

المركب	GD_2	UD_4	ME_3	XD_3	LE_2
الشكل الفراغي	قطبي	غير قطبي	قطبي	غير قطبي	غير قطبي

ح. قطبية الجزيء MJ_3 أكبر من قطبية الجزيء ME_3



ط. المادتان من الغازات النبيلة؛ فتكون المادة R الأعلى في درجة غليانها في الحالة السائلة، لأن عددها الذري أكبر، وبذلك فإنها تحتوي عدد أكبر من الإلكترونات، ولها أكبر كتلة ذرية، وتكون قوى لندن بين ذراتها أقوى ويكون لها أعلى درجة غليان.

مراجعة الوحدة

11 أ . الجزيء : H_2O روابط هيدروجينية
أما الجزيئات: H_2S , H_2Se ,H_2Te
فهي قوى ثنائية القطب

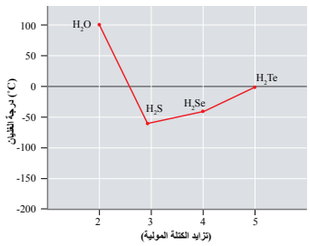
ب. بسبب الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء، في حين أن القوى بين الجزيئات الأخرى هي ثنائية القطب.

جـ. تزداد درجة غليان مركبات عناصر المجموعة باستثناء الماء؛ بسبب زيادة كتلتها المولية، مما يزيد قوى ثنائية القطب بينها فتزداد درجة غليانها.

12 **الإجابات الصحيحة لكلٍّ فقرة:**

1. متماثلة في الاتجاه الفراغي
2. مثلث مستو
3. $SiCl_4$
4. 8σ و 1π
5. $s - sp^3$
6. مثلث مستو
7. OCl_2
8. CH_3OH
9. $BCl_3 < BF_2Cl < NH_3 < HF$
10. NH_3

11. يبيّنُ الشكلُ المجاورُ تغيُّرَ درجةِ غليان بعض مركّبات عناصر المجموعة السادسة وَفقَ ترتيبها في الجدول الدوريّ. أدرُسُها، ثمّ أُجيبُ عمّا يأتي:



أ . أُحَدِّدُ نوعَ قوى التجاذب في كلِّ مركّب منها.

ب . أُفَسِّرُ الاختلافَ الكبيرَ في درجة غليان الماء مقارنةً بباقي مركّبات عناصر المجموعة.

جـ . أُفَسِّرُ تزايدَ درجة غليان مركّبات عناصر المجموعة بزيادة رَقْمِ دورتِها في الجدول الدوريّ.

12. أختار الإجابةَ الصحيحةَ لكلِّ فقرة في ما يأتي:

1) العبارةُ غيرُ الصحيحة في ما يتعلّق بالأفلاك المُهجَّنة، هي:
أ . متماثلةٌ في الطاقة
ب . متماثلةٌ في الشكل
جـ . متماثلةٌ في الاتّجاه الفراغيّ
د . متماثلةٌ في السَّعة

2) الشكلُ البنائيّ المرتبط بالتهجين sp^2، هو:
أ . رباعيُّ الأوجه مُنتظَم
ب . هَرَمٌ ثلاثيّ
جـ . مثلّثٌ مسطّح
د) خَطّي

3) المُركّبُ الذي يتّخذُ الشكلَ رباعيّ الأوجه المُنتظَم في ما يأتي، هو:
أ . $SiCl_4$
ب . BeF_2
جـ . OCl_2
د . NF_3

4) عددُ الروابط سيجما وباي في الجزيء $CH_3CH=CH_2$، هو:
أ . 8σ و 2π
ب . 9σ و 1π
جـ . 8σ و 1π
د . 9σ و 2π

5) تتكوَّنُ الرابطةُ (H - C) في جزيء CH_4 من تداخل الأفلاك:
أ . s - p
ب . p - p
جـ . $s - sp^3$
د . $sp^3 - sp^3$

6) الشكلُ الفراغيّ الذي تكون فيه الزاوية بين الروابط 120°، هو:
أ . هَرَمٌ ثلاثيّ
ب . مثلّثٌ مستوٍ
جـ . مُنحَنٍ
د . رباعيُّ الأوجه مُنتظَم

7) الجزيئات التي تنشأ بينها قوى تجاذب ثنائية القطب في الحالة السائلة:
أ . $SiCl_4$
ب . BH_3
جـ . OCl_2
د . NH_3

8) المادّةُ التي تترابطُ جزيئاتُها بروابط هيدروجينية:
أ . CH_3F
ب . CH_3OH
جـ . HCl
د . CO_2

9) الترتيبُ الصحيح للموادِّ الآتية حَسَبَ قوى الترابط بين جزيئاتها:
أ . $BCl_3 < BF_2Cl < HF < NH_3$
ب . $BF_2Cl < BCl_3 < HF < NH_3$
جـ . $BF_2Cl < BCl_3 < NH_3 < HF$
د . $BCl_3 < BF_2Cl < NH_3 < HF$

10) المادّةُ الأكثرُ ترابطًا في الحالة السائلة من بين الموادِّ الآتية:
أ . $CHCl_3$
ب . BF_3
جـ . NH_3
د . PH_3

الوحدة الثانية: حالات المادة

تجربة استهلالية: العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

الدرس	نتاجات التعلُّم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: الحالة الغازية	• تفسيرُ الخصائص الفيزيائيّة للغازات اعتمادًا على نظريّة الحركة الجزيئيّة. • التوصل إلى قوانين الغازات وقانون الغاز المثاليّ لفهم سلوك الغازات وتطبيقاتها العمليّة. • إجراء حساباتٍ باستخدام قوانين الغازات المختلفة وقانون الغاز المثاليّ.	○ قانون بويل ○ قابلية الغازات للانتشار.	6
الثاني: الحالة السائلة	• توضيح المقصود بالمفاهيم: تبخّر، تكاثف، ضغط بخاري، درجة الغليان. • استنتاج العوامل التي تؤثر في خصائص المادة في الحالة السائلة.	○ قابلية السوائل للانتشار. ○ العوامل المؤثرة في سرعة التبخر.	4
الثالث: الحالة الصُلبة	• التعرف إلى خصائص المادة في الحالة الصُلبة. • تصنيف المواد الصُلبة البلَّوْرية إلى أنواعها الرئيسة، والتمييز بين صفاتها.		4

النتاجات السابقة واللاحقة الخاصة بالوحدة الثانية – حالات المادة

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• التعرّف إلى حالات المادة.	الأول		
• تعرّف حالات المادة: صُلبة سائلة غازية. • تعرّف تحولات المادة من حالة إلى أخرى. • استنتاج أنه يمكن عكس التغيرات الناتجة عن التسخين والتبريد.	الثاني		
• استكشافُ خصائص المواد الصُلبة والسائلة والغازية (مثل الشكل والحجم وعلاقتها بالوعاء الذي توضع فيه).	الثالث		
• استكشافُ الخصائص الفيزيائية للمواد (الحجم).	الرابع		
• استكشافُ الخصائص الفيزيائية للمواد (الكتلة، الوزن، الكثافة). • استكشافُ تحوّلات المادة.	الخامس		

حالات المادة
States of Matter

أتأمَّل الصورة

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل صورة الوحدة، ثم أوجّههم إلى التعبير عن ما يأتي:

– أصف ما أراه في الصورة.

من الإجابات المحتملة: بركان، مقذوفات بركانية مصاحبة للبركان، صخور مصهورة، لابا، دخان أو غازات وأبخرة.

- أتقبّل إجابات الطلبة، وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن البركان يقذف مواد في حالة الصلابة، ومواد في الحالة السائلة وأخرى في الحالة الغازية، وأن لكلٍّ منها خصائص مميزة؛ فمثلا؛ تتحرك المواد السائلة مسافات بعيدةً لقدرتها على الجريان، أما الغازات فتختلط بالهواء لقدرتها على الإنتشار.
- ثم أبين للطلبة أن المواد توجد على سطح الأرض في حالات ثلاث؛ صُلبة وسائلة وغازية، وأن لكلٍّ حالة من حالات المادة خصائص مميزة لها، وأن نظرية الحركة الجزيئية فسرت هذا الاختلاف اعتمادًا على طاقة حركة الجُسيمات المكوّنة للمادة وقوى التجاذب بينها.

الوحدةُ 2
حالات المادة
States of Matter

أتأمَّلُ الصورة

يرافق البراكينَ مقذوفاتٌ بركانيّةٌ في حالات المادّة الثلاث؛ صُلبةٌ تترسَّبُ قريبًا من فوهة البركان، وسائلةٌ تجري لمسافات بعيدة ثمّ تبردُ وتتصلّب، وغازيّةٌ تنتشرُ وتختلطُ معَ الهواء الجوي. ما الخصائصُ الفيزيائيّة المميّزة للمادّة في كلّ حالة؟ وكيف نُفَسّر؟

51

الفكرة العامة:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الفكرة العامة للوحدة، ثم أناقش معهم ما درسوه حول حالات المادة، وأوجّههم إلى تأمّل الصورة واستنتاج بعض خصائص كل حالة، مثل المادة الصُلبة؛ شكلها وحجمها ثابتان، وتترتب في أشكال هندسية، والمادة السائلة؛ شكلها غير ثابت قابلة للجريان وحجمها ثابت، والمادة في الحالة الغازية؛ حجمها وشكلها غير ثابتين، فيزداد حجم الغاز بزيادة درجة الحرارة، ثم أبين للطلبة أنهم سوف يدرسون في هذه الوحدة حالات المادة الثلاث: الحالة الغازية، وقوانين الغازات وتفسيرها بواسطة نظرية الحركة الجزيئية، والحالة السائلة، وخصائص السوائل، والعوامل المؤثرة فيها، بالإضافة إلى الحالة الصُلبة وأنواع المواد الصُلبة وخصائصها وتفسير هذه الخصائص.

مشروع الوحدة

- أعرض مشروع الوحدة على الطلبة، ثم أطلب إليهم تشكيل مجموعتين (أحرصُ أن تكون المجموعات غير متجانسة)، بحيث يعمل كل طالب في أحد المشروعين، وأطلب إليهم دراسة الموضوع وتوزيع المهمات في ما بينهم، والتعاون، والعمل بجدٍّ لإنجازه.

والبحث في المصادر المتنوعة للمعرفة وشبكة الإنترنت؛ وذلك لتنفيذ المشروعات الآتية:

- أسهم كثير من العلماء في دراسة الغازات؛ خصائصها وقوانينها وتفسيرها. أتتبع جهود علماء الكيمياء والفيزياء في تطوير فهم الغازات، وخصائصها، وتفسير هذه الخصائص عن طريق نظرية الحركة الجزيئية، وأصمم عرضا تقديميا يوضح هذا التطور وأعرضه على معلمي/ معلمتي، زملائي/ زميلاتي.
- تُصنّفُ المواد الصُلبة إلى مواد صُلبة بلّوْرية ومواد صُلبة غير بلّوْرية، تتميز المواد الصُلبة البلّوْرية بأن الجُسيمات المكوّنة لها تترتب في أشكال هندسية منتظمة ذات شكل بلّوْريّ محدد، تتكون من وحدات

الفكرةُ العامّة:

توجد المادّة في حالات فيزيائيّة ثلاث؛ صُلبة وسائلة وغازيّة، لكلّ حالة منها خصائصُ فيزيائيّة مميّزة لها.

الدرسُ الأول: الحالة الغازيّة

الفكرةُ الرئيسة: تفسِّرُ نظريّةُ الحركة الجزيئيّة خصائصَ الغازات، وتستخدمُ قوانين الغازات في وصف العلاقة بين العوامل التي تؤثِّرُ في سلوك الغاز.

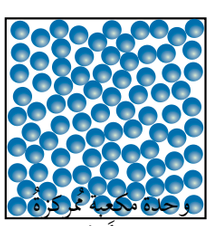
الدرسُ الثاني: الحالة السائلة

الفكرةُ الرئيسة: تمتازُ السوائلُ بخصائصَ محدّدةٍ تعتمد على قوى التجاذب بين جزيئاتها.

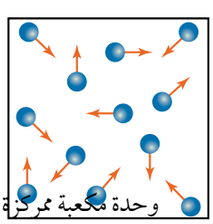
الدرسُ الثالث: الحالة الصُّلبة

الفكرةُ الرئيسة: تُقسَمُ الموادُّ الصُّلبة إلى نوعين رئيسين؛ موادّ صُلبة بلوريّة وموادّ صُلبة غير بلوريّة، وَتُصَنَّفُ الموادُّ الصُّلبة البلوريّة إلى أربعة أنواع بحسب خصائصها الفيزيائيّة.

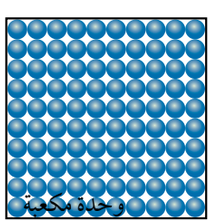
بناء أساسية تتكرر في البلّوْرة، منها الوحدة مكعبة الشكل التي توجد في ثلاثة أنواع؛ المكعبة البسيطة، مثل بلورات الأكسجين، والمكعبة ممركزة الجسم، مثل بلورات كلوريد السيزيوم وبلورات الصوديوم، والمكعبة ممركزة الأوجه، مثل بلورات النحاس وبلورات كلوريد الصوديوم. باستخدام صورة واضحة للأنواع الثلاثة من البلورات المكعبة؛ أتعاون مع زملائي/ زميلاتي في بناء ثلاثة نماذج لهذه البلورات، وذلك باستخدام الأسلاك الرفيعة الصُلبة أو الأعواد الخشبية، والمعجون أو الكُرَات، وورق شفاف ولاصق مناسب، ثم أعرضها على معلمي/ معلمتي، زملائي/ زميلاتي.



الأوجُه.



الجسم.



بسيطة.

الهدف: أستكشفُ العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية:

القياس، الملاحظة، الاستنتاج، الرسم.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوتين (2، 4)؛ أوجّه انتباه الطلبة إلى استعمال المتر القماشي أو الورقي لقياس محيط الدائرة المرسومة على البالون، وتحري الدقة في القياس.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا، وأدير نقاشًا معهم لاستنتاج العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

النتائج المتوقعة:

تزايد حجم الغاز بزيادة درجة الحرارة وتناقصه بنقصانها.

التحليل والاستنتاج:

1. يقلّ محيط الدائرة مما يشير إلى نقصان حجم الهواء بنقصان درجة الحرارة.
2. يزداد محيط الدائرة مما يشير إلى زيادة حجم الهواء بزيادة درجة الحرارة.
3. العلاقة طردية؛ بزيادة درجة الحرارة يزداد حجم الهواء داخل البالون عند ثبات الضغط.

تجربة استهلالية

العلاقةُ بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط

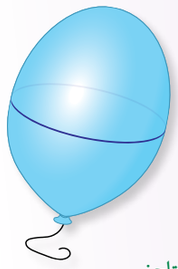
الموادُّ والأدوات: بالون عدد (2)، قلم تخطيط، متر مصنوع من القماش أو الورق، حمّام ثلجيّ، حمّام مائيّ ساخن.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خطواتُ العمل:

1. أحضر بالونين وأنفخهما وأربطُ فوهة كل منها جيدًا، ثمّ أرسمُ باستخدام القلم دائرةً على كلٍّ منهما، كما في الشكل.
2. أقيسُ محيط كلٍّ منهما، وَأُسَجّله.
3. أضعُ أحدَ البالونين في حمّام ثلجيّ والآخرَ في حمّام مائيّ ساخن مدّة 10 min.
4. أخرجُ البالونين وأقيسُ محيطَ كل منهما مباشرةً، وأسجلُ ملاحظاتي.



التحليلُ والاستنتاج:

1- أصفُ التغيُّرَ في حجم البالون الذي وُضع في الحمّام الثلجيّ.

2- أصفُ التغيُّرَ في حجم البالون الذي وُضع في الحمّام المائيّ الساخن.

3- أستنتجُ العلاقةَ بين درجة حرارة الهواء داخل البالون وحجمِه عند ثبوت الضغط.

53

تقويم تجربة: العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط.

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

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	قياس محيط الدائرة المرسومة بدقة		
2	تطبيق خطوات التجربة بدقة.		
3	وصف التغير في حجم الهواء داخل البالون بتغير درجة الحرارة بدقة.		
4	تفسير النتائج بصورة علمية.		

الدرس 1

الحالة الغازية
Gaseous State

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

● أوجّه الطلبة إلى قراءة الفكرة الرئيسة، ثم أمهّد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للغازات، مثل قابليتها للانتشار وقابلتها للإنضغاط.

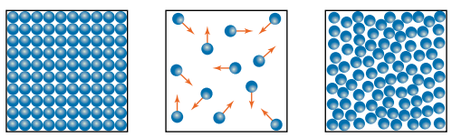
أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– كيف توصل العلماء إلى تفسير خصائص الغازات؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أنه من خلال تجارب عملية مختلفة قام بها عدد من العلماء، كان التوصل إلى قوانين عدة تصف سلوك الغاز، وتوضح العلاقة بين حجم الغاز المحصور، وضغطه، ودرجة حرارته المطلقة، وعدد مولاته، ثم وضعت نظرية الحركة الجزيئية التي فسرت خصائص الغازات وقوانينها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

● أراجع الطلبة في ما درسوه سابقا عن حالات المادة، وأزودهم بورقة عمل تتضمن الشكل والأسئلة الآتية، وأوجّههم إلى دراسة الشكل ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:



– أصنف المواد في الشكل إلى صُلبة وسائلة وغازية.

– أصف المادة في كل حالة وفق الجدول الآتي: ملاحظة: (جُسيمات المادة قد تكون: ذرات، جزيئات، أيونات)

حالة المادة	الشكل	الحجم	المسافة بين الجُسيمات	قوى التجاذب بين الجُسيمات
	ثابت أو غير ثابت			
صُلبة				
سائلة				
غازية				

● أوجّه الطلبة إلى الحلّ فُرادى، وأمنحهم وقتًا كافيًا، ثم أناقش الحلّ معهم، وأبيّن لهم أن قوى التجاذب بين الجزيئات هي أحد العوامل المهمة لتحديد الحالة الفيزيائية للمادة، بالإضافة إلى عوامل أخرى، مثل طاقة حركة الجزيئات والمسافة بينها، وأنهم سيدرسون خصائص الغازات وقوانينها وتفسيرها بناء على نظرية الحركة الجزيئية.

◄ الفكرةُ الرئيسة:
تفسِّرُ نظريّةُ الحركة الجزيئيّة خصائصَ الغازات، وتُستخدَم قوانين الغازات في وصف العلاقة بين العوامل التي تؤثّرُ في سلوك الغاز.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:
– أُفَسِّرُ الخصائصَ الفيزيائيّةَ للغازات اعتمادًا على نظريّة الحركة الجزيئيّة.
– أتوصل إلى قوانين الغازات وقانون الغاز المثاليّ لفهم سلوك الغازات وتطبيقاتها العمليّة.
– أجري حساباتٍ مستخدمًا قوانينَ الغازات المختلفة وقانونَ الغاز المثاليّ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:

القابليّةُ للانضغاط	Compressibillity
نظريّةُ الحركة الجزيئيّة	Kinetic Molecular Theory
الغازُ المثاليّ	Ideal Gas
تصادماتٌ مَرِنة	Elastic Collisions
قانونُ بويل	Boyle's Law
قانونُ شارل	Charles's Law
قانونُ جاي–لوساك	Gay-Lussac's Law
القانون الجامع للغازات	Combined Gas Law
قانونُ أفوجادرو	Avogadro's Law
الحجمُ المولّي	Molar Volume
قانونُ الغاز المثاليّ	Ideal Gas Law
قانون دالتون للضغوط الجزئية	Daltons Law Of Partial Pressures
الانتشارُ	Diffusion
التدفُّق	Effusion
قانون جراهام	Graham's Law

بعضُ الخصائص الفيزيائيّة للغازات
Some Physical Properties of Gases

تمتلك المادّة في الحالة الغازيّة خصائصَ فيزيائيّة معيّنة؛ فمثلاً، يتمدّد الغاز تلقائيًّا وينتشرُ لِيَملأ الوعاءَ الذي يوضعُ فيه؛ لذلك فإنّ حجمَهُ يساوي حجمَ الوعاء. كما أنّ الغازاتِ **قابلةٌ للانضغاط Compressible**، فعند زيادة الضغط المؤثِّر فيها يقلُّ حجمُها. هذه الخصائصُ المميّزة للغازات سببُها أنّ جُسيماتِ الغاز متباعدةٌ جدًّا وقوى التجاذب بينها شبهُ معدومة؛ لذلك تتشابه الغازاتُ في سلوكها الفيزيائيّ رغم أنّها تتكوّنُ من جُسيمات مختلفة في خصائصها. وقد درس عددٌ منَ العلماء الخصائصَ الفيزيائيّة للغازات وتوصّلوا بالتجريب إلى مجموعة منَ القوانين سُمِّيت قوانينَ الغازات، وضّحتِ العلاقةَ بين متغيّراتٍ عِدّة تصفُ سلوكَ الغاز المحصور، مثل العلاقة بين ضغط الغاز P وحجمه V ودرجة حرارته المطلقة T وعدد مولاته n، كما استطاع العلماءُ تفسيرَ خصائص الغازات وسلوكِها الفيزيائيّ من خلال نظريّة الحركة الجُزيئيّة.

نظريّةُ الحركة الجُزيئيّة The Kinetic Molecular Theory

طوَّرَ العلماءُ نظريّةً سُمِّيت **نظريّةَ الحركة الجزيئيّة The Kinetic Molecular Theory**، التي تصفُ سلوكَ الجُسيمات المكوّنةِ للمادّة، وتفترضُ هذه النظريّةُ أن جُسيمات المادّة في حركة دائمة ومستمرّة.

فسّرت هذه النظريّةُ سلوكَ الموادّ الصُّلبة والسائلة والغازية اعتمادًا على الطاقة الحركيّة للجُسيمات وقوى التجاذب بينها.

لفهم سلوك الغازات وخصائصها الفيزيائيّة افترضت هذه النظريّةُ وجودَ غاز سُمِّيَ **الغازَ المثاليّ Ideal Gas**، وهو غازٌ افتراضيٌّ حجمُ جُسيماته يساوي صفرًا وقوى التجاذب بينها معدومة، وتنطبقُ عليه بنودُ نظريّة الحركة الجُزيئيّة.

2 التدريس

◄ بناء المفهوم:

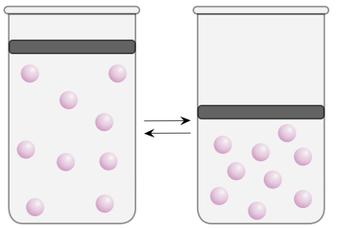
● أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– علام اعتمد العلماء عند بناء نظرية الحركة الجزيئية لتفسير الاختلاف في خصائص المادة في الحالات الثلاثة؟

● أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى الاجابة الصحيحة وهي:

إجابة محتملة: فُسِّر الاختلاف في الخصائص اعتمادًا على الاختلاف في الطاقة الحركية التي تمتلكها الجُسيمات، وقوى التجاذب بينها.

● أبيّن للطلبة أن نظرية الحركة الجزيئية تفترض وجود غاز سمي بالغاز المثالي، له خصائص محددة وهي: أنه غاز افتراضي، حجم جسيماته مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز صغير جدًا، بحيث يمكن افتراض أنه مساو للصفر، وقوى التجاذب بين جسيماته معدومة وتنطبق عليه بنود نظرية الحركة الجزيئية.



الشكلُ (1): قابليّةُ الغازات للانضغاط.

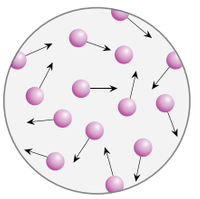
بنودُ نظريّة الحركة الجُزيئيّة:

1 - تتكوّنُ الغازاتُ من جُسيمات (جُزيئات أو ذرّات) متناهيةٍ في الصِّغر (مهملة الحجم) ومتباعدةٍ جدًّا؛ أي بينها فراغاتٌ كبيرة؛ ممّا يعني أنّ معظم الحجم الذي يشغلُهُ الغازُ فراغ.

وهو ما يفسِّرُ الكثافةَ المنخفضة للغازات مقارنةً بالسوائل والموادّ الصُّلبة، كما يفسِّرُ قابليّةَ الغازات للانضغاط بسهولة، كما في الشكل (1).

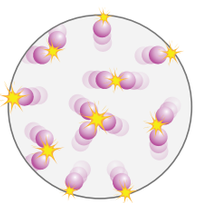
2 - تتحرّكُ جُسيماتُ الغاز حركةً مستمرّة وعشوائيّة وسريعة بخطٍّ مستقيم وفي جميع الاتجاهات.

وهذا ما يكسبها طاقةً حركيّة تتغلّبُ على قوى التجاذب بينها، وهو ما يفسِّرُ انتشارَ الغازات وتدفُّقَها. كما في الشكل (2).



الشكلُ (2): الحركةُ العشوائيّة لِجُسيمات الغاز.

3 - تتصادمُ جُسَيمات الغاز في ما بينها، كما تتصادمُ معَ جدار الإناء الموجودة فيه **تصادمًا مَرِنًا Elastic Collision**؛ أي أنّ تبادلًا للطاقة يجري بين الجُسَيمات المتصادمة، فالطاقةُ التي يفقدُها أحدُ الجُسيمات يكسبُها جُسَيمٌ آخَرُ؛ لذا يبقى مجموعُ الطاقةِ الحركيّة التي تمتلكُها الجُسَيماتُ محفوظًا عند درجة الحرارة نفسِها. كما في الشكل (3).



الشكلُ (3): التصادماتُ المرنة لِجُسيمات الغاز.

4 - قوى التجاذب بين جُسيمات الغاز المثاليّ معدومة؛ لذلك لا يمكن إسالتُهُ مهما زاد الضغط المؤثِّرُ فيه أو انخفضت درجةُ حرارته.

نشاط سريع

- أحضر زجاجة ساعة وأضعها على طاولة في منتصف الصف، وأضع كمية مناسبة من عطر ذي رائحة قوية فيها، وخلال ذلك أخبر الطلبة أن يرفع الطالب يده عندما يشم رائحة العطر وأراقب عملية رفع الأيدي. ثم أناقش الطلبة من خلال الاسئلة الآتية:

– كيف وصلت رائحة العطر إلى جميع أجزاء الصف؟ بسبب انتشار جسيمات العطر داخل الصف.

– علام يدل ذلك في ما يتعلق بحركة جسيمات الغاز؟ أن جسيمات الغاز (العطر) في حركة سريعة ومستمرة وعشوائية .

– ما الحجم الذي يشغله الغاز بعد انتشاره؟ حجم المكان الذي انتشر فيه.

– علام يدل ذلك بالنسبة إلى قوى التجاذب بين جسيمات الغاز؟ أن قوى التجاذب ضعيفة جدا ويمكن وصفها بأنها شبه معدومة.

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز تتحرك حركة سريعة مستمرة وعشوائية، وتكون المسافة بين جسيمات الغاز كبيرة لذلك؛ فإن قوى التجاذب بينها شبه معدومة، ولذلك ينتشر الغاز بسهولة ويكون حجمه مساويا لحجم الوعاء الذي يوضع فيه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أخبر الطلبة أنه بواسطة مناقشة الأشكال سيجري التوصل إلى بنود نظرية الحركة الجزيئية وكيفية توظيفها لتفسير خصائص الغازات:
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1) وملاحظة المسافة بين الجزيئات، ثم أناقشهم فيه؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز متباعدة، بينها مسافات كبيرة أي أن معظم حجم الغاز فراغ، وهو ما يفسر كثافة الغازات القليلة وقابليتها للإنضغاط.
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (3,2) ثم أطلب إليهم وصف حركة جسيمات الغاز وتصادماتها، وأثرها في طاقة حركة الجُسيمات.
- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن جسيمات الغاز في حركة مستمرة، وعشوائية، وسريعة، وبالتالي فإنها تمتلك طاقة حركية عالية تجعل قوى التجاذب بينها شبه معدومة، وأنها تتصادم في ما بينها ومع جدار الإناء الموجودة فيه تصادمات مرنة، مبينا لهم معنى التصادمات المرنة، وهو ما يفسر انتشار الغاز وتدفقه.
- أوجّه السؤالين الآتيين إلى الطلبة:

– اعتمادًا على خصائص الغاز المثالي هل يمكن إسالته؟ **إجابة محتملة:** لأن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز معدومة، لذلك لا يمكن اسالته مهما زاد الضغط عليه وانخفضت درجة حرارته.

– ما تأثير زيادة درجة الحرارة على طاقة حركة جسيمات الغاز؟ زيادة درجة الحرارة تزيد من سرعة حركة جسيمات الغاز وطاقة حركتها.

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل للإجابات الصحيحة.
- أوزّع الطلبة في مجموعات وأستخدام **إستراتيجية الطاولة المستديرة**، بحيث أكتب السؤال الآتي في أعلى ورقة فارغة:

– ما بنود نظرية الحركة الجزيئية؟

- أمرر ورقة لكلِّ مجموعة بحيث يكتب كل طالب/ طالبة في المجموعة أحد بنود النظرية، ويُمرّر الورقة للطالب/ الطالبة الذي يليه/ يليها في المجموعة، بحيث تضاف نقطة إضافية للإجابة وهكذا... ثم أطلب إنهاء ذلك. أطلب إلى كل مجموعة أن تُنظّم مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات، وتجري مناقشتها للتوصل إلى بنود نظرية الحركة الجزيئية.

◄ المناقشة:

● أوجّه الأسئلة الآتية إلى الطلبة:

– أعطي أمثلة على غازات حقيقية.

O_2, CO_2, N_2, H_2 He ....

– أصف حالة هذه الغازات، من حيث المسافة بين جسيماتها وقوى التجاذب بينها في الظروف العادية. وأقارن سلوكها بسلوك الغاز المثالي.

المسافة بين جُسيماتها كبيرة جدا، وقوى التجاذب بينها شبه معدومة، وتشبه سلوك الغاز المثالي.

– ما أثر زيادة الضغط المؤثر على الغاز الحقيقي وخفض درجة حرارته على سلوكه مقارنة بالغاز المثالي؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة الضغط المؤثر على الغاز الحقيقي يقلل من المسافات الفاصلة بين جُسيماته، فتنشأ بينها قوى تجاذب؛ فتقلّ سرعتها، وبالتالي تقل طاقتها الحركية، كما أن خفض درجة الحرارة يقلل من طاقتها الحركية أيضا، أي أن الغاز الحقيقي ينحرف في سلوكه عن الغاز المثالي، وكلما زاد الضغط وانخفضت درجة الحرارة يزداد التجاذب بين الجُسيمات؛ فتتحول إلى الحالة السائلة ويزداد انحرافها عن سلوك الغاز المثالي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

● أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (4) وأستخدم **إستراتيجية التفكير الناقد**؛ لتحفيز تفكير الطلبة إلى ملاحظة أثر قوى التجاذب بين جسيمات الغاز الحقيقي على حركة هذه الجُسيمات مقارنة بالغاز المثالي، ثم أناقشهم للتوصل إلى أن قوى التجاذب بين الجُسيمات تقلل من سرعة حركة الجُسيمات وتحرفها عن مسارها.

✓ **أتحقّق:** يكون سلوك الغاز الحقيقي أقرب إلى سلوك الغاز المثالي كلما زادت درجة الحرارة وقل الضغط المؤثر على الغاز.

أفكّر Ne

◄ تعزيز: أوضّح للطلبة أنه هناك حالات أخرى توجد فيها مواقف حقيقية وأخرى مثالية؛ فالسيارة مثلا تصمم موفرة للطاقة تماما (مثالية)، ولكن السيارة الحقيقية تفقد الطاقة نتيجة الاحتكاك أو عدم الاحتراق الكُلّي للوقود، وبطارية الهاتف نظريا قابلة لاعادة الشحن مرات غير نهائية (مثالية)، بينما البطارية الحقيقية تتلف بسبب الحرارة أو سوء الاستخدام. فالنماذج المثالية مهمة إذ غالبا ما تكون المقارنة بها، ولكنها نادرا ما توجد في الحياة الواقعية.

5 - يعتمدُ متوسِّطُ الطاقة الحركيّة Kinetic Energy لِجُسيمات الغاز على سرعتها التي تزدادُ بزيادة درجة الحرارة وتقلُّ بنقصانِها.

الغازاتُ الحقيقيّة Real Gases

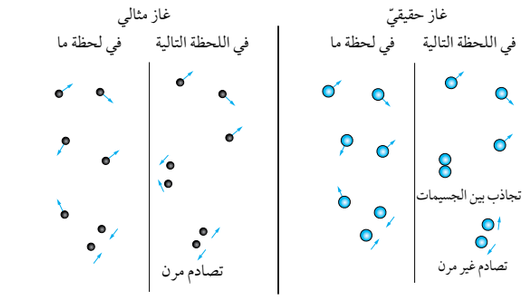
المسافاتُ بين جُسيمات الغاز الحقيقيّ في الظروف العاديّة كبيرةٌ جدًّا وقوى التجاذب بينها شبهُ معدومة، فيكون سلوكُها مشابهًا لسلوك الغاز المثاليّ. وعند زيادة الضغط المؤثِّر في الغاز الحقيقيّ فإنّ المسافاتِ بين جُسيماته تقلُّ وتنشأُ بينها قوى تجاذب؛ ممّا يقلِّلُ حركتَها العشوائيّةَ وسرعتَها فتنحرفُ عن سلوك الغاز المثاليّ، وكلّما زادت قوى التجاذب بين جُسيمات الغازات زاد انحرافُها عن سلوك الغاز المثاليّ، وذلك عند الظروف نفسِها منَ الضغط ودرجة الحرارة؛ لذا تختلفُ الغازاتُ الحقيقيّة في سلوكها عنِ الغاز المثاليّ، ويزدادُ اختلافها بزيادة الضغط المؤثِّر فيها وخفض درجة حرارتها.

فمثلًا، يتكوّنُ غازُ الهيليوم من ذرّات صغيرة جدًّا تتجاذبُ بقوى لندن الضعيفة؛ لذا يشبهُ في سلوكه الغازَ المثاليّ، وعند زيادة الضغط وخفض درجة الحرارة على نحوٍ كبير فإنّ ذرّات الغاز تتقاربُ وتقلُّ طاقتُها الحركيّةُ ويزدادُ التجاذبُ في ما بينها، فيتحوّل الغاز إلى الحالة السائلة.

يوضّح الشكل (4) أثرَ قوى التجاذب بين جُسيمات الغاز الحقيقيّ في حركة هذه الجُسيمات مقارنةً بِجُسيمات الغاز المثاليّ عند لحظتين متتاليتين.

أفكّر: أيُّ الغازين Ne أم NH_3 تتوقّع أن يكون أقربَ في سلوكه إلى الغاز المثاليّ عند الظروف نفسِها؟

✓ **أتحقّقُ:** ما الظروفُ التي يكون سلوكُ الغاز الحقيقيّ عندَها أقربَ إلى سلوك الغاز المثاليّ؟



الشكلُ (4): حركة جُسيمات الغاز المثاليّ والحقيقيّ.

طريقة أخرى للتدريس — **نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة**

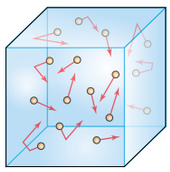
● أقسم الطلبة في مجموعات، وأكلف كل مجموعة بإعداد لوحة تحت العنوان الآتي: **نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة** تبين أثر الطاقة الحركية للجسيمات وقوى التجاذب بينها على خصائص المادة، عن طريق رسم جدول وتقسيمه، بحيث يتضمن حالات المادة الثلاث كالآتي، ثم العودة إليه وإكماله بعد الإنتهاء من دراسة كل حالة منها:

حالة المادة	الطاقة الحركية للجسيمات	قوى التجاذب بين الجسيمات	تأثيرها على الخصائص
الحالة الغازية	كبيرة	شبه معدومة	إكساب الغازات شكلا وحجما غير ثابتين،...
الحالة السائلة			
الحالة الصُّلبة			

* تُعلّق أفضل اللوحات في المكان المخصص في الصف.

قوانينُ الغاز The Gas Laws

عرفتُ أنّ جُسيمات الغاز في حركة دائمة ومستمرّة وعشوائيّة، ومن ثَمَّ فإنّها تتصادمُ معَ بعضها من ناحيةٍ وتصطدمُ بجدار الإناء المحصورة فيه من ناحيةٍ أُخرى، كما في الشكل (5). يولِّدُ التصادمُ المستمرُّ بجدار الإناء الداخليّ قوّةً تؤثّرُ فيه تسمّى ضغطَ الغاز، وهي القوّةُ المؤثّرة في وحدة المساحة. ويعتمد ضغطُ كميّةٍ محدّدة منَ الغاز على عاملين، هما: حجمُ الغاز، ودرجةُ حرارته.



الشكلُ (5): ينشأُ ضغط الغاز عنِ التصادمات المستمرّة لِجُسيمات الغاز معَ جدار الإناء.

وحدات قياس الضغط ورموزها والعلاقات بينها:

ضغط جوي (atm)

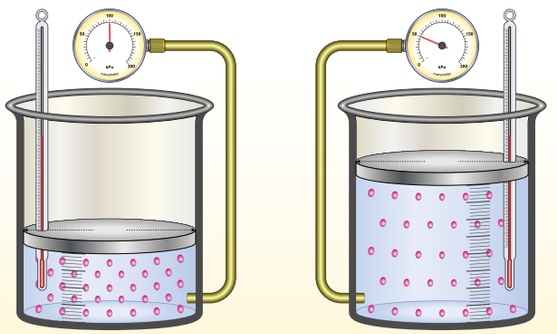
مليمتر زئبق (mmHg) ، $1atm = 760\ mmHg$

كيلوباسكال (KPa) ، $1atm = 101.3\ KPa$

توضّحُ قوانينُ الغاز العلاقاتِ الرياضيّةَ بين كلٍّ من كميّة الغاز وحجمه وضغطه ودرجة حرارته.

قانونُ بويل Boyle's Law

درسَ العالِمُ بويل العلاقةَ بين ضغط الغاز المحصور وحجمه عند ثبات درجة حرارته، وتوصّلَ إلى أنّ مضاعفة ضغط كميّة محددة منَ الغاز المحصور يؤدّي إلى نقصان حجمه إلى النصف، وأنّ إنقاص ضغطه إلى النصف يؤدّي إلى زيادة حجمه إلى الضعف، كما يبيّن الشكل (6)، وينصُّ **قانونُ بويل Boyle's Law** على أنّ: «حجمَ كميّةٍ محدّدة منَ الغاز المحصور يتناسبُ عكسيًّا معَ الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة حرارته».



الشكلُ (6): مضاعفةُ ضغط الغاز تؤدّي إلى نقصان حجمه إلى النصف.

تعزيز:

غاز ضغطه 5.3 atm، احسب ضغطه بوحدة mmHg وبوحدة KPa.

الحل:

$1atm = 760\ mmHg$ ، $1\ atm = 101.3\ KPa$

ضغط الغاز بوحدة mmHg:

$5.3 \times 760 = 4028\ mmHg$

ضغط الغاز بوحدة KPa:

$5.3 \times 101.3 = 536.89\ KPa$

استخدام الصور والأشكال:

- أراجع الطلبة في بنود نظرية الحركة الجزيئية، ثم أوجّههم إلى دراسة الشكل (5) وأطرح عليهم السؤال الآتي:

– ماذا ينتج عن التصادم المستمر لجسيمات الغاز بالجدار الداخلي للإناء الموجود فيه؟

أناقش إجابات الطلبة؛ للتوصل إلى أن هذه التصادمات تولّد قوة تؤثر في وحدة المساحة تسمى ضغط الغاز. ثم أبيّن لهم وحدات قياس الضغط وهي: مليمتر زئبق (mmHg)، وضغط جوي (atm)، وكيلوباسكال (KPa) والعلاقة بينها.

- أطرح السؤال الآتي:

– ما العوامل المؤثرة في ضغط كمية محددة من الغاز؟

حجم الغاز ودرجة حرارته.

- أبين للطلبة أن عددا من العلماء قاموا بدراسة العلاقة بين حجم الغاز، وضغطه، ودرجة حرارته، وعدد مولاته، وانهم توصّلوا لمجموعة من القوانين تعبّر عن هذه العلاقات، وأن نظرية الحركة الجزيئية فسرت هذه القوانين، وهو ما ستجري دراسته.
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5) ثم أسألهم:

– ما العلاقة بين ضغط كمية محددة من الغاز وحجمه عند ثبات درجة حرارته.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل معهم إلى نص قانون بويل وهو أن: (حجم كمية محددة من الغاز المحصور يتناسب عكسيا مع الضغط الواقع عليه عند ثبات درجة حرارته).

ورقة العمل (1)

أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**، وأوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، ثم أزودهم بورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى أولا، وأمنحهم 5 min، ثم مناقشة الحلول داخل المجموعة، وأوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي:

– كيف نعبر رياضيا عن العلاقة العكسية بين ضغط الغاز وحجمه ؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: عند ثبات درجة الحرارة $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

- أسأل الطلبة:

– كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية قانون بويل؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة حجم الغاز يزيد من المسافات الفاصلة بين جُسيماته، فتقل عدد التصادمات مع جدار الإناء فيقلّ ضغط الغاز عند ثبات درجة حرارته.

التجربةُ 1

قانون بويل

الهدف: أستقصي العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته

زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج، رسم المنحنيات.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة الثالثة؛ أوجّه انتباه الطلبة إلى تحري الدقة عند أخذ قراءات الحجم والضغط للغاز.
- في الخطوة الرابعة؛ أوجّه الطلبة إلى استخدام ورق الرسم البياني، وتحري الدقة عند تحديد النقاط على المنحنى، ورسم المنحنى بحيث يصل بين أكبر عدد من النقاط.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأُدير نقاشًا معهم؛ لاستنتاج العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته.

النتائج المتوقعة: نقصان حجم الغاز يزيد من ضغطه وزيادة حجم الغاز يقلل من ضغطه عند ثبات درجة حرارته.

التحليل والاستنتاج:

1. علاقة عكسية؛ زيادة حجم الغاز يقلل من ضغطه، ونقصان حجم الغاز يزيد من ضغطه عند ثبات درجة حرارته.
2. زيادة حجم الغاز يزيد من المسافات الفاصلة بين جسيماته؛ فتقل عدد التصادمات بينها ومع جدار الإناء، فيقل ضغط الغاز، عند ثبات درجة حرارته.

تقويم تجربة: قانون بويل.

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

الرقم	معيار الأداء	3	2	1
1	تركيب الجهاز المستخدم بشكل صحيح وإحكام إغلاق الأنبوب المطاطي فيه من طرفيه.			
2	سحب المكبس، بحيث يتم تحديد حجم الهواء بدقة.			
3	قراءة جهاز الضغط وتسجيل قيمته بدقة.			
4	التوصّل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.			

يُعَبَّرُ عن قانون بويل رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

عند ثبات درجة الحرارة فإنّ $V \alpha \frac{1}{P}$

$V = \frac{k}{P}$

حيثُ k مقدارٌ يسمى ثابت التناسب، ومنها $P \times V = k$

$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

حيثُ V: حجمُ الغاز، ويمكنُ قياسُهُ بوحدة اللتر (L) أو المليلتر (mL)، P: ضغطُ الغاز.

ويمكنُ تفسيرُ قانون بويل باستخدام نظريّة الحركة الجُزيئيّة؛ إذ إنّ زيادة الضغط المؤثِّر في الغاز المحصور يؤدّي إلى تقارب جُسيماته فيقلُّ حجمُه، ويزدادُ عددُ تصادمات جُسيمات الغاز معَ جدار الإناء فيزدادُ ضغطُهُ عند ثبات درجة حرارته.

التجربةُ 1

قانونُ بويل

الموادُّ والأدوات اللازمة:

مِحقن طبيّ 50 mL، ساعة لقياس الضغط، أنبوب مطاطيّ.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازات.

خُطواتُ العمل:

1- أُرَكِّبُ الجهازَ، كما هو موضَّحٌ في الشكل.

2- أُحكِم إغلاق الأنبوب المطاطي في المحقن وساعة قياس الضغط.

3- **أقيسُ:** أسحب مكبس المحقن الطبي إلى أعلى وأُسجِّلُ قيمة الضغط. أكرر ذلك عند بقية الحجوم في الجدول. أُسجِّلُ ملاحظاتي.

الحجم (mL)	10	15	20	25	30	35	40
الضغط (atm)							

4- **أرسمُ بيانيًا** العلاقةَ بين حجم الهواء وضغطه.

التحليلُ والاستنتاج:

1- أصِفُ العلاقةَ بين ضغط الهواء وحجمه.

2- **أفسّرُ** العلاقةَ بين ضغط الهواء وحجمه.

المثال 1

عينةٌ من غاز النيتروجين حجمُها 150 mL وضغطُها 0.950 atm، أحسبُ حجمَها بوحدة (mL) حين يصبحُ ضغطُها يساوي 0.990 atm عند درجة الحرارة نفسِها.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$V_1 = 150\ mL$

$P_1 = 0.950\ atm$

$P_2 = 0.990\ atm$

المطلوب: حِساب V_2 عند درجة الحرارة نفسِها

الحلّ:

أكتبُ القانون

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

أعيدُ ترتيب القانون لِحساب V_2:

$$V_2 = P_1 \times \frac{V_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{0.950\ atm \times 150\ mL}{0.990\ atm}$$

$$V_2 = 143.94\ mL$$

✓ **أتحقَّقُ:** عينةٌ من غاز محصور حجمُها 4 L عند ضغط 2 atm، سُمِحَ لها بالتمدُّدِ حتى أصبح حجمُها 12 L. أحسبُ ضغطَها عند درجة الحرارة نفسِها.

المناقشة:

- أكتب العلاقة الرياضية التي تربط حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته.

عند ثبات درجة الحرارة $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

- أُكلّف الطلبة بدراسة المثال (1) وأناقشهم فيه، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

عينه من غاز حجمها 7.5 L عند ضغط 0.988 atm ودرجة حرارة 28 °C،أحسب ضغط الغاز إذا خُفِض حجمه إلى 4.89 L مع بقاء درجة حرارته ثابتة

الحلّ:

$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

$0.988 \times 7.5 = P2 \times 4.89$

$$P_2 = \frac{0.988 \times 7.5}{4.89}$$

$P2 = 1.51\ atm$

✓ **أتحقَّق:**

$P_1V_1 = P_2V_2$

$2 \times 4 = P_2 \times 12\ ,\ \ P_2 = 0.667\ atm$

ألاحظ أن مضاعفة الحجم 3 مرات خفض الضغط إلى الثلث.

تعزيز:

أشجع الطلبة على توقع الإجابة باستخدام مهاراتهم في التفكير. فإذا زاد الحجم يجب أن يقل الضغط والعكس. ثم يمكنهم مقارنة القيمة المعطاة بالقيمة المحسوبة لمعرفة ما إذا كانت القيمتان مرتبطتين ببعضهما بعضا بشكل صحيح.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التحليل.**

أخبر الطلبة أنّ التحليل هو أحد مهارات التفكير التي تجري فيها تجزئة الموضوع، أو الأشكال، والصور إلى عناصرها، وفهم هذه العناصر، وإيجاد العلاقات بينها، واستخدامها في تفسير هذه العلاقات.

طريقة أخرى للتدريس — قوانين الغازات

- أزوّد الطلبة ببطاقات ملونة، أو أطلب منهم تحضيرها مسبقا، وأطلب إليهم رسم الجدول الآتي، بحيث يضاف كل قانون تجري دراسته إلى الجدول:

اسم القانون	صيغة القانون
قانون بويل	$P_1V_1 = P_2V_2$

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7) ثم أسألهم:

– ما العلاقة بين حجم الغاز المحصور ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم، ثم أبيّن لهم أن العالم شارل توصّل عن طريق تجارب عدة إلى أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة، حيث تساوي (273 +°C) عند ثبات ضغطه.

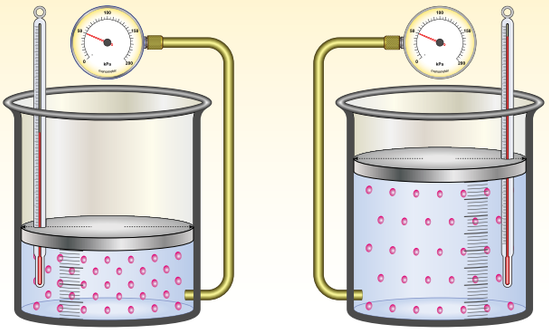
المناقشة:

- أراجع الطلبة في التجربة الاستهلالية، وأسألهم عن التغيُّر الذي حدث لحجم الهواء في البالون بزيادة درجة الحرارة ونقصانها. **إجابة محتملة:** ازداد حجم الهواء بزيادة درجة الحرارة وقلّ بنقصانها.
- أوجّه السؤال الآتي إلى الطلبة:

– كيف نعبّر رياضيا عن العلاقة الطردية بين درجة حرارة الغاز وحجمه عند ثبات ضغطه؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: عند ثبات الضغط:

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$



الشكل (7): أثرُ زيادة درجة حرارة الغاز في حجمه عند ثبات ضغطه.

درجة الحرارة المُطلقة بالكلفن (Kelvin) = درجة الحرارة سلسيوس + 273

$$T(K) = T(°C) + 273$$

قانونُ شارل Charles's Law

درسَ العالِمُ شارل أثرَ تغيير درجة حرارة الغاز المحصور في حجمه عند ثبات ضغطه، وتوصّلَ إلى أنّ زيادة درجة حرارة الغاز المُطلقة تزيدُ من حجمه عند ثبات ضغطه، فعند زيادتها إلى الضعف –مثلًا– يتضاعفُ حجمُهُ عند ثبات الضغط، كما يبيِّنُ الشكل (7).

سُمِّيت هذه العلاقةُ **قانونَ شارل Charles's Law**، وينصُّ على أنّ: «حجمَ كميّةٍ محدّدة منَ الغاز المحصور يتناسبُ تناسبًا طرديًّا معَ درجة حرارته المُطلَقة عند ثبات ضغطه».

يُعَبَّرُ عن قانون شارل رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

عند ثبات الضغط (P) فإنّ

$$V \propto T$$

$$V = k \times T$$

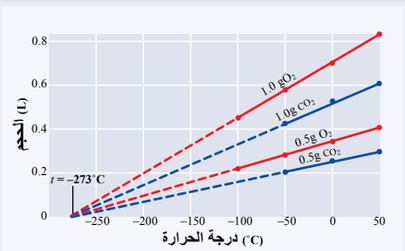
$$k = \frac{V}{T}$$

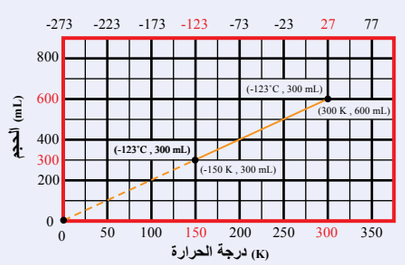
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

حيثُ V: حجم الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، k: ثابت التناسب.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

درس العالم شارل العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه، استخدم في دراسته البالونات المملوءة بالهواء الساخن أو الهيدروجين، حيث توصّل إلى أن حجم كمية محددة من الغاز المحصور يزداد بزيادة درجة الحرارة (°C) عند ثبات الضغط في علاقة رياضية خطيّة، كما يبيّن الشكل الأول، لاحَظَ أنه عند مدّ الخطوط (الخط المنقط)؛ فإنها تتقاطع مع محور درجة الحرارة في نقطة واحدة هي (273 °C−) للغازات كافة باختلاف كميّاتها، أي أنه عند هذه الدرجة يصبح حجم أيّ غاز مساويا (0)، وهذا لا يحدث مطلقا؛ لأنها تتحول إلى الحالة السائلة أو الصُّلبة قبل هذه الدرجة. وسُمّيت هذه الدرجة بالصفر المطلق، وتوصّل العالم كلفن إلى مقياس جديد لدرجة الحرارة هو درجة الحرارة المطلقة وتساوي (273 +°C)، وتقاس بوحدة الكلفن. استكمل العالم جاي لوساك عمل أستاذه شارل، وتوصل إلى أن حجم كمية محددة من الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه، كما يبيّن الشكل الثاني، وقد نشر القانون باسم قانون شارل.





ويمكنُ تفسيرُ قانونِ شارل باستخدام نظرية الحركة الجُزيئيّة؛ حيث إنّ زيادة درجة حرارة الغاز تزيدُ من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، فتزداد سرعتها ويزداد عدد تصادماتُها،معَ جدار الإناء، ولكي يبقى ضغطُ الغاز المحصور ثابتًا لا بُدَّ من زيادة حجمه.

المثال 2

عينةٌ من غاز الأكسجين حجمها 6.82 L عند 327 °C. أحسبُ حجمَها بوحدة (L) عند 27 °C بفرض ثبات الضغط.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$V_1 = 6.82\ L$

$T_1 = 327\ °C$

$T_2 = 27\ °C$

المطلوب: حِساب V_2 بفرض ثبات الضغط (P).

الحلّ:

تحويلُ درجات الحرارة من °C إلى K

$T_1 = 327\ °C + 273 = 600\ K$

$T_2 = 27\ °C + 273 = 300\ K$

كتابةُ القانون

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

إعادةُ ترتيب القانون لِحساب V_2، ثمّ التعويض:

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{6.82\ L \times 300\ K}{600\ K}$$

$V_2 = 3.41\ L$

أُلاحِظُ أنّ خفضَ درجة الحرارة المُطلقة إلى النصف (600 K→300 K) أدّى إلى نقصان حجم الغاز إلى النصف (6.82 L→3.41 L).

أتحقَّقُ: عينةٌ من غاز النيتروجين حجمُها 430 mL عند 24 °C. أيّ درجة حرارة يصبحُ حجمُها 0.75 L بفرض ثبات الضغط؟

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن مضاعفة درجة الحرارة السيليزية (C°) لكمية محددة من الغاز المحصور يؤدي الى تضاعف حجمه، في الحقيقة أن حجم الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة، ولكن التناسُب الطردي للحجم هو مع درجة الحرارة المطلقة؛ فعند مضاعفة درجة الحرارة المطلقة للغاز يتضاعف حجمه.

المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية قانون شارل؟

أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة درجة حرارة الغاز يزيد من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، فتزداد سرعتها وتصادماتها مع جدار الإناء، وحتى يبقى الضغط ثابتا؛ فلا بدّ من زيادة الحجم.

- أناقش الطلبة في المثال (2)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

بالون يحتوي على غاز الهيليوم، حجم الغاز فيه يساوي 5.5 L عند 25 °C، أحسب درجة الحرارة (°C) إذا أصبح حجم الغاز يساوي 6.9 L بفرض ثبات الضغط.

الحلّ:

$T_1 = 25 + 273 = 298\ K$

عند ثبات الضغط $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$\frac{5.5}{298} = \frac{6.9}{T_2}$

$T_2 = 373.9\ K = 100.9\ °C$

أتحقَّق:

$T_1 = 24°C + 273 = 297\ K$

$V_1 = \frac{430\ mL}{1000} = 0.43\ L$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$\frac{0.43}{297} = \frac{0.75}{T_2}$, $T_2 = \frac{297 \times 0.75}{0.43}$

$T_2 = 518\ K$, $T_2 = 518 - 273 = 245\ °C$

◄ استخدام الصور والأشكال:

● أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) والإجابة عن الأسئلة الآتية:

– ما أثر زيادة درجة الحرارة الغاز على الطاقة الحركية لجُسيماته وبالتالي سرعتها وتصادماتها؟ تزداد سرعة الجزيئات وعدد تصادماتها.

– ما أثر زيادة درجة الحرارة على ضغط الغاز عند ثبات حجمه؟ يزداد.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة درجة الحرارة تزيد من عدد تصادمات الجُسيمات مع بعضها بعضا، ومع جدار الإناء، وبالتالي؛ فإنها تزيد من ضغط الغاز عند ثبات حجمه. وأبيّن للطلبة أن ذلك يتفق مع نظرية الحركة الجزيئية.

◄ المناقشة:

– أسأل الطلبة: ما العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه؟ (طردية).

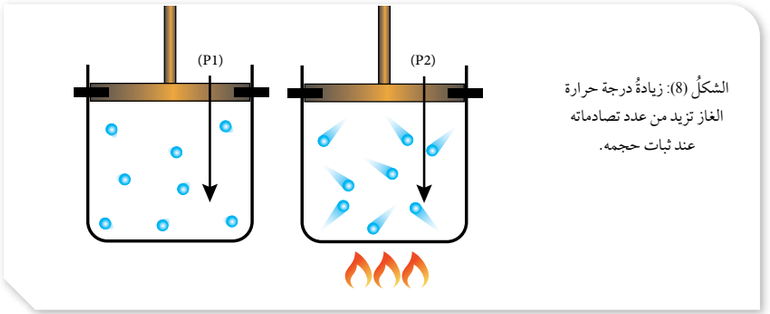
أستمع لإجاباتهم وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن العالم جاي لوساك درس هذه العلاقة، وتوصل إلى أن قانونه الذي ينص أن: «ضغط كمية محددة من الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه».

● أطرح السؤال الآتي:

– كيف نعبّر رياضيا عن العلاقة الطردية بين درجة حرارة الغاز وضغطه عند ثبات حجمه؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أشتقّ القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي:

عند ثبات حجم الغاز $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$



الشكلُ (8): زيادةُ درجة حرارة الغاز تزيد من عدد تصادماته عند ثبات حجمه.

قانونُ جاي ـ لوساك Gay-Lussac's Law

درسَ العالِمُ جاي – لوساك العلاقةَ بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبات حجمه، وتوصّلَ إلى أنّ زيادة درجة حرارة كميّةٍ محدّدة منَ الغاز المحصور تزيدُ من ضغطه عند ثبات حجمه، كما يبيّنُ الشكل (8).

يُطلقُ على هذه العلاقة **قانون جاي– لوساك Gay-Lussac's Law**، وينصُّ على أنّ «ضغطَ كميّة محدّدة منَ الغاز المحصور يتناسبُ طرديًّا معَ درجة حرارته المُطلقة عند ثبات حجمه».

تفسِّرُ نظريّةُ الحركة الجزيئيّة قانونَ جاي– لوساك؛ إذ تؤدّي زيادةُ درجة حرارة الغاز إلى زيادة متوسط الطاقة الحركية لجسيماته، ومن ثَمَّ تزدادُ سرعتُها ويزداد عدد تصادماتها فيزدادُ ضغطُهُ عند ثبات حجمه.

يُعَبَّرُ عن قانون جاي– لوساك رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

عند ثبات الحجم (V) فإنّ $P \propto T$

$$P = k \times T$$

ومنها $k = \frac{P}{T}$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

حيثُ P: ضغط الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، k: ثابت التناسب.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

بناء على بنود نظرية الحركة الجزيئية فإن متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تعتمد على درجة الحرارة المطلقة وفق المعادلة الآتية:

$$\text{متوسط الطاقة الحركية لجسيمات الغاز} = \frac{3}{2} RT$$

حيث: متوسط الطاقة الحركية = مجموع الطاقة الحركية لجميع الجسيمات مقسوما على عددها.

وبالتالي فإن زيادة درجة الحرارة تزيد من متوسط الطاقة الحركية للجسيمات فتزداد سرعة الجسيم حسب المعادلة:

الطاقة الحركية للجسيم $= \frac{1}{2} mv^2$ ما يؤدي لزيادة عدد وقوة تصادماتها، فيزداد ضغط الغاز.

المناقشة:

- أُكلّف الطلبة بدراسة المثال (3) وأناقشه معهم، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

تمارس عينة من الغاز ضغطا يساوي 0.46 atm عند درجة حرارة 20 °C، أحسب ضغط الغاز إذا رفعت درجة حرارته إلى 60 °C مع بقاء حجمه ثابتا.

الحلّ:

$T_1 = 20 + 273 = 293\ K$, $T_2 = 60 + 273 = 333\ K$

عند ثبات الضغط $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$\frac{0.46}{293} = \frac{P_2}{333}$

$P_2 = 0.52\ atm$

أتحقّق:

$T_1 = 27°C + 273 = 300\ K$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$\frac{1.85}{300} = \frac{2.2}{T_2}$, $T_2 = \frac{2.2 \times 300}{1.85}$

$T_2 = 356.76\ K$

$T_2 = 356.76 - 273 = 83.76\ °C$

الربطُ بالحياة

- إسأل الطلبة: ماذا يحدث لدرجة حرارة الهواء في إطارات السيارة وضغطه عند قيادة السيارة لمسافة طويلة؟
- هل أقدّم النصيحة إلى والدي/ والدتي بتفقد إطارات السيارة وضغط الهواء فيها قبل قيادتها أم بعد الإنتهاء من القيادة؟ أوجّه الطلبة إلى قراءة موضوع الربط بالحياة، وحث الوالدين على تفقد إطارات السيارة قبل قيادتها.

أخطاء شائعة

في الأسئلة عن قوانين الغازات؛ قد يخطئ الطلبة بعدم تحويل درجة الحرارة من (°C→K)، أوجّه الطلبة إلى التدقيق في قيم درجات الحرارة المستخدمة أو المحسوبة، فإذا كانت صغيرة حتى حوالي 100 درجة؛ أحثُّهم على مراجعة الحل والتأكد من تحويل قيم درجات الحرارة.

المثال 3

تحملُ عبوّاتُ الرذاذ، مثل ملطّفات الجوّ ومثبّتات الشَّعر، إشاراتٍ تحذِّرُ من تسخين العلبة أو تخزينها على درجات حرارة عالية. إذا علمتُ أنّ ضغط الغاز داخل إحدى هذه العبوات 775 mmHg عند درجة حرارة 25 °C، وارتفعت درجة حرارة الجو إلى 40 °C، فأحسبُ ضغطَ الغاز داخلَها.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$P_1 = 775\ mm\ Hg$

$T_1 = 25\ °C$

$T_2 = 40\ °C$

ألاحظ أنّ حجم العلبة الفلزية يبقى ثابتًا.

المطلوب: حساب P_2.

الحلّ:

أحوّل درجات الحرارة من °C إلى K

$T_1 = 25\ °C + 273 = 298\ K$

$T_2 = 40\ °C + 273 = 313\ K$

أكتبُ القانون

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

أعيدُ ترتيب القانون لحساب P_2، ثمّ أعوّض:

$P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$

$P_2 = \frac{775\ mmHg \times 313\ K}{298\ K}$

$P_2 = 814.0\ mmHg$

أتحقّقُ: إذا كان ضغطُ الهواء داخلَ إطار سيّارة 1.85 atm عند 27 °C، وبعد قيادتها لمسافة معيّنة أصبح 2.2 atm، فأحسبُ درجة حرارته، بفرض ثبات حجمه.

63

الربطُ بالحياة

تفقُّدُ ضغط الهواء في إطارات السيّارة

عند قيادة السيّارة مسافةً طويلة فإنّ درجة حرارة الهواء وضغطه يرتفعان داخلَ إطاراتها؛ لذلك يُنصَحُ بتفقُّدِ الضغط قبل تحريك السيارة.

طريقة أخرى للتدريس — العلاقة بين المتغيرات في قوانين الغازات

- أطلب إلى الطلبة رسم جدول، بحيث يبين قوانين الغاز التي جرت دراستها، والعلاقة بين كمية الغاز (عدد مولاته n) وضغطه (P) وحجمه (V) ودرجة حرارته المطلقة (T) وفق كل قانون.

قانون الغاز	V	P	T	N
قانون بويل	↑	↓	ثابت	ثابت
قانون شارل	↑	ثابت	↑	ثابت
قانون جاي لوساك	ثابت	↑	↑	ثابت

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ماذا يحدث لبالون مملوء بالهواء ارتفع لأعلى في الهواء حيث قل الضغط المؤثر عليه وقلت درجة حرارته؟

أستمع لإجابات الطلبة ولا أستثني أيًّا منها، ثم أبيّن لهم أن العلماء جمعوا قوانين بويل، وشارل، وجاي لوساك، في قانون واحد سمي بالقانون الجامع، ويمكن باستخدامه الإجابة عن السؤال السابق.

– أوجّه السؤال الآتي: كيف يعبر رياضيا عن القانون الجامع للغازات؟

أطلب إلى الطلبة اشتقاق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: $\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$

- أناقش الطلبة في المثال (4)، ثم أوجّههم إلى حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

عينة من غاز حجمها 80 mL وضغطها 0.2 atm عند درجة حرارة 27 °C؛ أحسب حجمها عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 0 °C.

الحلّ:

$T_1 = 27 + 273 = 300\ K\ ,\ T_2 = 0 + 273 = 273\ K$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times T_2}{P_2 \times T_1}$$

$$V_2 = \frac{0.2 \times 80 \times 273}{1 \times 300}$$

$V_2 = 14.6\ mL$

◄ تعزيز:

تزويد الطلبة بالإجابات النهائية للأسئلة يساعدهم على التأكد من فهم خطوات حل المسألة، وبالتالي الحصول على التعزيز الإيجابي المناسب من المعلم، الذي يشجعهم على بذل المزيد.

القانونُ الجامع للغازات The Combined Gas Law

يصاحبُ تغيّرَ درجة حرارة الغاز تغيّرٌ في حجمه وضغطه معًا؛ لذلك جمعَ العلماءُ قوانينَ الغاز الثلاثة؛ بويل وشارل وجاي – لوساك، في قانون واحد سُمِّيَ **القانونَ الجامعَ للغازات The Combined Gas Law**، يصفُ العلاقةَ بين ضغط كميّة محدّدة منَ الغاز المحصور وحجمِها ودرجةِ حرارتها.

يُعَبَّرُ عنِ القانون الجامع رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

$$V \propto \frac{1}{P}$$

$$V \propto T$$

ومنها $V \propto \frac{T}{P}$

حيثُ k ثابت التناسب $V = k \times \frac{T}{P}$

نعيدُ ترتيبَ المعادلة $\frac{P \times V}{T} = k$

ومنها $\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$

حيثُ P: ضغط الغاز، T: درجة الحرارة بالكلفن، V: حجم الغاز.

المثال 4

عينةٌ مِنَ الهواء حجمها 5 L وضغطها 803 mmHg عند درجة حرارة 20 °C -. أحسبُ ضغطَها إذا سُخِّنَت حتى أصبح حجمُها 7 L ودرجةُ حرارتِها 97 °C.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$P_1 = 803\ mmHg\ ,\ T_1 = -20\ °C\ ,\ V_1 = 5\ L\ ,\ V_2 = 7\ L\ ,\ T_2 = 97\ °C$

المطلوب: حِساب P_2.

الحلّ:

أحوّلُ درجات الحرارة من °C إلى K

$T_1 = -20\ °C + 273 = 253\ K$

$T_2 = 97\ °C + 273 = 370\ K$

أخطاء شائعة

قد يجد بعض الطلبة صعوبة في تطبيق القانون الجامع للغاز نتيجة الضعف في بعض مهارات الرياضيات، ولذلك أحرص على إعطاء أمثلة لحساب جميع المُتغيّرات في القانون.

أكتبُ القانون

أعيدُ ترتيب القانون لِحساب P_2، ثمّ أعوّضُ:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1 \times T_2}{T_1 \times V_2}$$

$$P_2 = \frac{803\ mmHg \times 5\ L \times 370\ K}{253\ K \times 7\ L}$$

$$P_2 = 838.82\ mmHg$$

✓ **أتحقَّقُ:** إذا علمتُ أنّ بالونًا يحتوي على 50 L من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 25 °C وضغط 1.08 atm، فأحسبُ حجمَهُ عند ضغط 0.80 atm ودرجة حرارة 10 °C.

الربطُ بالأرصاد الجويّة

بالونات الطقس

تحملُ بالوناتُ الطقس أجهزةً خاصّة لقياس عناصر الطقس (درجات الحرارة، الرطوبة، الضغط الجويّ) في طبقات الجوّ العُليا، وما إن تُسَجِّل هذه البيانات حتى ترسلها إلى المحطّات الأرضيّة؛ ما يُسهِمُ في دقّة التنبّؤات الجويّة. وعندما يصلُ بالونُ الطقس إلى ارتفاع يـزيدُ على 27 km ينفجرُ بسبب زيادة حجم الهواء فيـه الناجـم عن انخفاض الضغط الخارجيّ المؤثِّرِ في البالون. وَتُعَدُّ دائرةُ الأرصاد الجويّة الأردنيّة مسؤولةً عن إطلاق هذه البالونات؛ حيث توجدُ محطّةٌ خاصّةٌ لهذه الغاية في محافظةِ المفرق.

مثال إضافي

عينة من غاز حجمها 1.75 L وضغطها 1.5 atm عند درجة حرارة 23 °C−؛ أحسب درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط الغاز 2.1 atm وحجمه 1.3 L.

الحلّ:

$T_1 = -23 + 273 = 250\ K\ ,\ T_2 = ?$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 \times V_2 \times T_1}{P_1 \times V_1}$$

$$T_2 = \frac{2.1 \times 1.3 \times 250}{1.5 \times 1.75}$$

$$T_2 = 260\ K = -13\ °C$$

✓ **أتحقَّق:**

$T_1 = 25°C + 273 = 298\ K$

$T_2 = 10°C + 273 = 283\ K$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

$$\frac{1.08 \times 50}{298} = \frac{0.8 \times V_2}{283}\ ,\ V2 = \frac{1.08 \times 50 \times 283}{0.8 \times 298}$$

$V_2 = 64.1\ L$

الربطُ بالأرصاد الجويّة

إسأل الطلبة: لماذا تحرص الجهات المختصة على إصدار النشرة الجوية بشكل منتظم؟ ما مصدر المعلومات المتضمنة في هذه النشرة؟ أستمع لإجابات الطلبة، ثم أوجههم إلى قراءة موضوع الربط بالأرصاد الجوية؛ للتوصل لأهمية بالونات الطقس بوصفها أحد طرائق جمع المعلومات عن عناصر الطقس.

تعزيز:

أبين للطلبة أنه يمكن استخدام القانون الجامع بدلا من قوانين بويل، وشارل، وجاي لوساك، إذ يجري حذف العامل الثابت من طرفي المعادلة، وتكمن أهميته بإمكانية استخدامه لحساب حجم كمية محددة من الغاز، أو ضغطها، أو درجة، حرارتها، في حال تغير كلا العاملين الآخرين.

◄ المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأستخدم **إستراتيجية (فكر، انتق زميلا، شارك)** وأوجّه الأسئلة الآتية:

– أكتب قوانين الغازات التي درستها. وأحدد العوامل التي تُثبّت فيها.

– ما توقعك حول أثر تغيير كمية الغاز في بقية العوامل؟

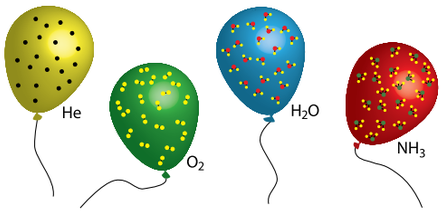
- ثم أطلب إلى كل طالب/ طالبة الإجابة في ورقة منفردًا، ثم مناقشة إجابته مع زميله/ زميلتها، ومن ثم مشاركتها مع بقية أفراد مجموعته.
- أدير نقاشًا بين المجموعات، بحيث يجري الاطلاع على إجابات المجموعات كافة، وتصويب أي خطأ في الحلّ، ومعرفة توقّعات بعضهم بعضا حول أثر تغيير كمية الغاز في حجمه وضغطه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) والمقارنة بين حجوم البالونات وعدد الجزيئات فيها، ثم أناقشهم للتوصل إلى قانون أفوجادرو، وهو أن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوي العدد نفسه من الجُسيمات عند الظروف ذاتها من الضغط ودرجة الحرارة.

– أسأل الطلبة: هل تتساوى البالونات في عدد مولات الغاز في كُلٍّ منها؟ (نعم).

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم مُذكّرا أنّ 1مول من أي مادة يحتوي عدد أفوجادرو من جسيماتها، وبالتالي فإن البالونات تحتوي عددا متساويا من المولات، ثم أبيّن لهم أن العالم أفوجادرو توصل عن طريق تجارب متعددة أجراها إلى أن حجم مول واحد (الحجم المولي) من أي غاز يساوي (22.4 L) عند ضغط (1atm)، ودرجة حرارة (0 °C)،وأن هذه الظروف تسمى الظروف المعيارية للغاز.



الشكلُ (9): تتساوى حجومُ الغازات إذا تساوى عددُ جُزيئاتها عند الظروف نفسِها.

قانونُ أفوجادرو Avogadro's Law

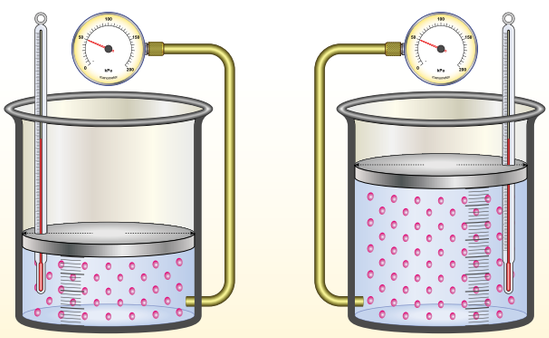
تتأثّرُ الخصائصُ الفيزيائيّة لكميّة محدّدة منَ الغاز المحصور بثلاثة عوامل: الحجم، والضغط، ودرجة الحرارة. ولكن، ماذا لو تغيّرت كميّةُ الغاز؟

درسَ العالِمُ أفوجادرو العلاقةَ بين حجم الغاز وكميّته، وتوصّلَ إلى أنّ: «الحجومَ المتساوية منَ الغازات المختلفة تحتوي على العددِ نفسِهِ منَ الجُزيئات عند الظروف نفسِها منَ الضغط ودرجة الحرارة»، وهو ما يُعرفُ **بقانون أفوجادرو Avogadro's Law**. كما في الشكل (9).

وقد توصّلَ العالِمُ أفوجادرو أيضًا إلى أنّ حجم مول واحد من أيِّ غاز يساوي (22.4 L) في الظروف المعياريّة، وهو ما يُعرفُ **بالحجم المولي Molar Volume** للغاز.

بناءً على ما سبق، فإنّ مضاعفة عدد مولات الغاز يؤدّي إلى مضاعفة حجمه عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته؛ أي أنّ «حجمَ الغاز المحصور يتناسبُ طرديًّا معَ عدد مولاته عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته»، كما يتّضح منَ الشكل (10).

الظروفُ المعياريّة للغازات: درجة حرارة (0 °C)، ضغط يساوي (1 atm).



الشكلُ (10): العلاقةُ بين عدد مولات الغاز وحجمه.

- **أستخدم إستراتيجية الاستقصاء**، أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، وتحديد المُتغيّر المستقل، والمُتغيّر التابع، والمُتغيّرات المضبوطة، ثم استنتاج العلاقة بين المُتغيّر المستقل والتابع. (موضحًا لهم معناها في حال عدم معرفتهم بها). المُتغيّر المستقل (المراد معرفة أثر تغييره): عدد مولات الغاز، والمُتغيّر التابع (يتغير بتغير المستقل): حجم الغاز، والمُتغيّرات المضبوطة (ثابتة): درجة الحرارة والضغط، العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه طردية، فزيادة عدد مولات الغاز المحصور تزيد من حجمه عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته.

يُعَبَّرُ عن العلاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

عند ثبات الضغط ودرجة الحرارة فإنّ:

$$V \propto n$$

$$V = k \times n$$

$$\frac{V}{n} = k$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

حيث V: حجم الغاز، n: عدد المولات، k: ثابت التناسب.

أفكّر: كيفَ يتغيَّرُ ضغطُ الغاز عند زيادة عدد مولاته معَ بقاء حجمه ودرجة حرارته ثابتين؟

تفسِّرُ نظريّةُ الحركة الجُزيئيّة العلاقةَ بين حجم الغاز وعدد مولاته؛ إذ إنّ زيادة عدد مولات الغاز تزيدُ من عدد جُسيماته، ومن ثَمَّ يزدادُ عددُ تصادماتها معَ جدار الإناء، ولكي يبقى ضغطُ الغاز ودرجةُ حرارته ثابتين فلا بُدَّ من زيادة حجمه.

المثال 5

إذا علمتُ أنّ بالونًا حجمُهُ 2.2 L يحتوي على 0.1 mol من غاز الهيليوم، ضُخَّت داخلَهُ كميّةٌ إضافية منَ الغاز فأصبح حجمُهُ 2.8 L، فأحسبُ عدد مولات الغاز بعد الإضافة، بفرض ثبات ضغطه ودرجة حرارته.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

الضغطُ ودرجة الحرارة ثابتان.

$V_1 = 2.2\ L$ ، $n_1 = 0.1\ mol$

$V_2 = 2.8\ L$

المطلوب: حِساب n_2.

الحلّ:

أكتبُ القانون $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

أعيدُ ترتيب القانون لِحساب n_2، ثمّ أعوّضُ:

$$n_2 = \frac{n_1 \times V_2}{V_1}$$

$$n_2 = \frac{0.1\ mol \times 2.8\ L}{2.2\ L}$$

$$n_2 = 0.127\ mol$$

✓ **أتحقَّقُ:** ما الحجمُ الذي يشغلُهُ 3.5 mol من غاز الكلور Cl_2 في الظروف المعياريّة؟

✓ **أتحقَّقُ:** حجم مول واحد من أي غاز في الظروف المعيارية يساوي 22.4 L، وبالتالي فإن حجم 3.5 مول يساوي:

$V_2 = n \times V$

$V_2 = 3.5\ mol \times 22.4\ L/mol = 78.4\ L$

طريقة أخرى للتدريس — **قانون أفوجادرو**

- أزود الطلبة ببطاقات مكتوب عليها بعض المفاهيم الواردة في الدرس مثل: الظروف المعيارية، الحجم المولي للغاز، عدد المولات، عدد الجزيئات، حجم الغاز، تناسب طردي،... واطلب منهم عمل مخطط لما تضمنه الدرس من علاقات بينها مستخدما كلمات الربط المناسبة.

- أطرح السؤال الآتي: كيف يعبر رياضيا عن العلاقة بين حجم الغاز وعدد مولاته عند ثبات ضغطه ودرجة حرارته؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم، ثم أطلب إلى الطلبة اشتقاق القانون للتوصل إلى الصيغة الرياضية له وهي: $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$

- أطرح السؤال الآتي: كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية القانون السابق؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن زيادة عدد مولات الغاز يزيد من عدد التصادمات بينها وبين جدار الإناء، وكي لا يزداد الضغط ودرجة الحرارة؛ فلا بد من زيادة الحجم.

- أوجّه الطلبة إلى حل سؤال «أفكر»، ثم أطلب إلى كل مجموعة مراجعة توقعاتها حول أثر تغير عدد مولات الغاز على العوامل الأخرى، ثم مشاركتها مع باقي الطلبة.

أفكّرُ زيادة عدد مولات الغاز تزيد من ضغطه عند ثبات حجمه ودرجة حرارته.

- أُكلّف الطلبة بدراسة المثال (5) وأناقشه معهم، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

ما الحجم الذي يشغله 0.2 mol من غاز الأكسجين في الظروف المعيارية.

الحلّ:

الحجم المولي لأي غاز في الظروف المعيارية = 22.4 L،

لحساب حجم 0.2 mol من غاز O_2 يمكن استخدام العلاقة:

$V_2 = n \times V$

$V_2 = 0.2\ mol \times 22.4\ L/mol = 4.48\ L$

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن قانون أفوجادرو ينطبق على المواد السائلة والصلبة أيضا، أبين للطلبة أنه ينطبق على الغازات فقط، حيث المسافات الفاصلة بين جسيمات الغاز كبيرة، وقوى التجاذب بينها شبه معدومة، أما المواد السائلة أو الصلبة فالحجوم المتساوية منها لا تحتوي على العدد نفسه من المولات.

المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني وأكواب إشارة المرور**؛ بحيث يشير اللون الأخضر إلى عدم الحاجة للمساعدة، بينما يشير اللون الأصفر إلى وجود سؤال يريدون طرحه على المعلم دون أن يعيقهم ذلك عن الاستمرار في العمل، أما اللون الأحمر فيشير إلى الحاجة الشديدة للمساعدة، وأُكلّف الطلبة بكتابة قوانين الغازات التي جرت دراستها، واستخدامها في اشتقاق قانون الغاز المثالي $PV = nRT$، ثم توظيف ما درسوه عن الحجم المولّي للغاز والظروف المعيارية في حساب ثابت الغاز العام.
- أتابع عمل المجموعات وأقدم المساعدة حسب الطلب، ثم أُكلّف مجموعات الطلبة بعرض ما توصلوا إليه من نتائج وأناقشها معهم؛ للتوصل لاشتقاق قانون الغاز المثالي وفق ما هو موضح في الكتاب، ثم أناقش مع الطلبة كيفية حساب قيمة R بالتعويض في الحجم المولّي والظروف المعيارية:

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$R = \frac{1\ atm \times 22.4\ L}{1\ mol \times 273\ K} = 0.082\ atm.L/mol.K$$

موضحا أن R يسمى ثابت الغاز العام.

- أُكلّف الطلبة بإجابة سؤال أفكر لاستنتاج أن قيمة الثابت R تتغير بتغير وحدة الضغط.
- أناقش الطلبة في المثال (6)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

أحسب حجم 8 mol من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند 27 °C و 1.04 atm

الحلّ:

$$V = \frac{nRT}{P},\ T = 27 + 273 = 300\ K$$

$$V = \frac{8 \times 0.082 \times 300}{1.04} = 189.2\ L$$

قانونُ الغاز المثاليّ Ideal Gas Law

يمكنُ وصفُ عينة غاز باستخدام أربع كميّات: الضغط، والحجم، ودرجة الحرارة، وعدد المولات. وقد ربط العلماءُ المتغيّراتِ الأربعةَ السابقةَ بعلاقةٍ رياضيّة تُعرفُ **بقانونِ الغاز المثاليّ Ideal Gas Law** على النَّحوِ الآتي:

أفكّر: هل تتغيَّرُ قيمةُ ثابت الغاز العامّ إذا تغيّرتِ الوحدةُ المستخدمةُ في قياس الضغط؟ أفسّر ذلك.

$$V \alpha n$$

$$V \alpha \frac{1}{P}$$

$$V \alpha T$$

$$V \alpha n \times \frac{T}{P}$$

$$V = R \times \frac{n \times T}{P}$$

$$PV = n\ RT$$

حيثُ P: ضغط الغاز، V: حجم الغاز، n: عدد المولات، R: ثابت الغاز العام، T: درجة الحرارة بالكلفن.

تُسَمّى العلاقةُ $PV = n\ RT$ قانونَ الغاز المثاليّ.

حيثُ R: ثابت الغاز العام، ويساوي (0.082 L.atm/mol.K)

المثال 6

أحسُبُ الضغط الناجم عن 0.45 mol من غازٍ ما في وعاء حجمُهُ 1.5 L ودرجةُ حرارتِه 20 °C.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$V = 1.5\ L,\ n = 0.45\ mol,\ T = 20\ °C$

$R = 0.082\ L.atm/mol.K$

المطلوب: حِساب P.

الحلّ:

أحسبُ درجة الحرارة المُطلقة: $T = 20\ °C + 273 = 293\ K$

أكتبُ القانون: $PV = n\ RT$

أفكّر: وحدة قياس الضغط المستخدمة عند حساب $R = 0.082\ L.atm / mol.K$ هي atm وبما أن:

$1atm = 101.3\ KPa$

$1atm = 760\ mmHg$

فإن قيمة R ستتغير إذا استُخدمت وحدة أخرى كالكيلوباسكل KPa أو المليمتر زئبق mmHg لقياس الضغط. ويمكن إيجاد قيم أخرى لـ R اعتمادًا على أن حجم واحد مول من الغاز يساوي 22.4 L في الظروف المعيارية (0 °C و 101.3 KPa) أو (0°C و 760 mmHg) وبالتعويض في قانون الغاز المثالي.

$$R = \frac{22.4\ L \times 101.3\ KPa}{1\ mol \times 273\ K)} = 8.31\ L.KPa/mol.K$$

$$R = \frac{22.4\ L \times 760\ mmHg}{1\ mol \times 273\ K)} = 62.36\ L.mmHg/mol.K$$

أعيدُ ترتيب القانون لِحساب P، ثمّ أعوّض:

$$P = \frac{n \times R \times T}{V}$$

$$P = \frac{0.45\ mol \times 0.082\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 293\ K}{1.5\ L}$$

$$P = 7.2\ atm$$

✓ **أتحقّق:** تُعبَّأُ كراتُ التِّنِسِ بغاز النيتروجين. أحسبُ عددَ مولات الغاز في كرة حجمُها 0.15 L وضغطُ الغاز داخلَها 2 atm عند درجة حرارة 25°C.

يتّضحُ من دراسةِ قوانين الغازات أنّ حجمَ الغاز يزدادُ بزيادة درجة حرارته، فتقلّ كثافتُه.

من التطبيقات العمليّة على قانون الغاز المثاليّ حسابُ كثافة الغاز وتعيينُ الكتلة المولية لغازٍ مجهولٍ عند درجةِ حرارةٍ وضغطٍ محدّدين.

يمكنُ التوصّلُ إلى العلاقات الرياضيّة لحساب الكثافة والكتلة المولية باتّباع الخطوات الآتية:

اعتمادًا على القوانين:

قانونُ الغاز المثاليّ: $PV = n\,RT$

الكثافة = الكتلة / الحجم ← $Density\ (d) = \frac{mass(m)}{Volume(V)}$

عددُ المولات = الكتلة / الكتلة المولية ← $n = \frac{m}{Mr}$

بالتعويضِ بقانون الغاز المثاليّ: $PV = \frac{m}{Mr}RT$

لحساب الكتلة المولية أعيدُ ترتيبَ المعادلة $Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P}$

بالتعويضِ عن $\frac{m}{V}$ ← $Mr = d \times \frac{RT}{P}$

لحساب الكثافة أعيدُ ترتيبَ المعادلة $d = Mr \times \frac{P}{RT}$

✓ **أتحقّق:**

$PV = nRT$

$0.15 \times 2 = n \times 0.082 \times 298$

$n = 0.012\ mol$

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ما العلاقة بين درجة حرارة الغاز وحجمه وكثافته؟

أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم للتوصل إلى (بزيادة درجة الحرارة يزداد حجم الغاز وتقل كثافته).

- أبيّن للطلبة أنه يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لحساب كثافة الغاز أو كتلته الموليّة عند درجة حرارة وضغط محددين.
- ثم أسألهم عن قانون حساب الكثافة وقانون حساب عدد المولات، وأوجّههم إلى استخدامها لاشتقاق قانون حساب الكثافة من قانون الغاز المثالي، وقانون حساب الكتلة الموليّة.
- أتجوّل بين الطلبة وأتابع إجاباتهم وأناقشهم لتصويب الخطأ منها، ثم أختار أحد الطلبة وأطلب إليه اشتقاق القانون على السبورة وكتابته بشكل واضح كما يأتي:

$$d = Mr \times \frac{P}{RT} \quad ، \quad Mr = d \times \frac{RT}{P}$$

◄ تعزيز:

عند استخدام قانون الغاز المثالي؛ يجب الانتباه إلى وحدات القياس المستخدمة، فالحجم يقاس باللتر (L)، والضغط يقاس بالضغط الجوي (atm)، أما درجة الحرارة د بالكلفن (K) في قوانين الغازات كافة، وذلك عندما تكون قيمة: $R = 0.082\ atm.L/mol.K$.

المناقشة:

- أُكلّف الطلبة بدراسة المثال (7) وأناقشه معهم، ثم أطرح السؤال الآتي:

– ما العلاقة بين كثافة الغازات وكتلها المولية؟

أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقِشها معهم للتوصل إلى أنه كلما كانت الكتلة المولّية للغاز أكبر كانت كثافته أكبر والعكس صحيح.

- أوجّه الطلبة إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

أحسب كثافة غاز البيوتان C_4H_{10} (أحد مكونات غاز الطبخ) في الظروف المعيارية.

الحلّ:

الظروف المعيارية: 1 atm , 273 K

$Mr\,(C_4H_{10}) = 58\ g/mol$

$d = Mr \times \frac{P}{RT}$, $d = 58 \times \frac{1}{0.082 \times 273}$,

$d = 2.6\ g/L$

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

يمكن تطبيق قانون الغاز المثالي على الغازات الحقيقية في عدد من ظروف درجات الحرارة والضغط، حيث يكون سلوك الغازات الحقيقية قريبا من سلوك الغاز المثالي، أما على درجات الحرارة المنخفضة والضغوط العالية فإن الغازات الحقيقية تنحرف عن سلوك الغاز المثالي؛ إذ يظهر أثر حجم جُسيمات الغاز الحقيقي وقوى التجاذب بينها على حجم الغاز وضغطه، فيكون الحجم الذي يشغله الغاز أكبر من حجمه لو كان مثاليا وضغطه أقل، وتستخدم معادلات خاصة لتعديل قيمة كل منهما عند استخدام القانون.

المثال 7

أحسُبُ كثافةَ غاز الفلور F_2 بوحدة (g/L) عند 25 °C وضغط مقدارُهُ 0.850 atm، ثمّ أحسُبُ كثافةَ غاز الكلور Cl_2 عند الظروف نفسِها.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

$P = 0.850\ atm$, $T = 25\ °C$

$R = 0.082\ L.atm/mol.K$

الكتلةُ المولّية (Mr) لغاز $F_2 = 38\ g/mol$

الكتلةُ المولّية (Mr) لغاز $Cl_2 = 71\ g/mol$

المطلوب:

- حسابُ كثافة غاز F_2
- حسابُ كثافة غاز Cl_2

الحلّ:

أحوّلُ درجاتِ الحرارة من °C إلى K

$T = 25\ °C + 273 = 298\ K$

أكتبُ القانون

$Mr = d \times \frac{RT}{P}$

أعيدُ ترتيبَ المعادلة لحساب الكثافة:

$d = \frac{Mr \times P}{RT}$

$d = \frac{38\ g/mol \times 0.85\ atm}{0.082\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298K}$

إذن، كثافةُ غاز F_2 $d = 1.32\ g/L$

لحساب كثافة غاز Cl_2 عند درجة الحرارة والضغط السابقين، أعوّضُ بالقانون

$d = \frac{71\ g/mol \times 0.85\ atm}{0.082\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298K}$

إذن، كثافةُ غاز Cl_2 $d = 2.47\ g/L$

ألاحظ أنّ كثافة غاز Cl_2 أكبرُ من كثافة غاز F_2؛ لأنّ كتلته المولّيةَ أكبر؛ أي أنّ كثافة الغاز تتناسبُ طرديًّا معَ كتلته المولّية.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** بناء الشخصية: المشاركة**

تعد المشاركة عنصرا أساسيا في التفاعل الاجتماعي؛ أشجع الطلبة على المشاركة والعمل بروح الفريق، بحيث يبذل كل فرد أقصى جهده لإتمام العمل بأعلى كفاءة ممكنة من أجل تنفيذ المهمة المناطة بهم، وأشجعهم على ممارسة أدوار مختلفة فهذا يكسبهم مهارات متنوعة كالقيادة وإدارة الوقت والتواصل.

الربطُ بالحياة

بالوناتُ الهواء الساخن

يسخنُ الهواءُ داخلَ البالون فيتمدّدُ ويزدادُ حجمُه، ومن ثَمَّ تقلُّ كثافتُه، وعندما تصبحُ أقلَّ من كثافة الهواء المحيط به يرتفعُ البالون إلى أعلى.

المثال 8

أحسُبُ الكتلةَ المولية لعيّنةٍ من غازٍ كثافتُهُ (d = 2.26 g/L) عند درجة حرارة 25 °C وضغط مقدارُهُ 0.862 atm

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

P = 0.862 atm

T = 25 °C

d = 2.26 g/L

المطلوب: حسابُ الكتلة المولية للغاز *Mr*.

الحلّ:

أحوّل درجاتِ الحرارة من °C إلى K

$T = 25\ °C + 273 = 298\ K$

أكتبُ القانون

$$Mr = d \times \frac{RT}{P}$$

$$Mr = 2.26\ g/mol \times \frac{0.082\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298K}{0.862\ atm}$$

$$Mr = 64.1\ g/mol$$

أتحقَّقُ:

١- أحسُبُ الكتلةَ المولية لسائل تبخّرت عينةٌ منه كتلتُها 1.28 g تمامًا داخلَ وعاء مغلق سَعَتُهُ 250 mL عند درجة حرارة 121 °C وضغط 786 mmHg.

٢- أحسُبُ كثافةَ غاز الهيليوم He بوحدة (g/L) عند درجة حرارة 21 °C وضغط مقدارُهُ 750 mmHg.

71

الربطُ بالحياة

أسأل الطلبة: ما المبدأ الأساسي الذي يقوم عليه إطلاق بالونات الهواء الساخن؟ أوجّه الطلبة إلى قراءة الفقرة للتوصل إلى ذلك، وأخبرهم أنه غازات عدة تستخدم، مثل الهواء الساخن، وغاز الهيليوم، وغيرها.

ورقة العمل (2)

أستخدام **إستراتيجية التعلم التعاوني** وأوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأزودهم بورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى وأمنحهم 6 min، ثم مناقشة الحلول داخل المجموعة، وأُكلّف كل مجموعة بعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

المناقشة:

- أُكلّف الطلبة بدراسة المثال (8) وأناقشهم فيه ثم أوجّههم لحل المثال الآتي:

مثال إضافي

عينة من غاز مجهول ضغطه 1 atm في وعاء حجمه 250 mL عند درجة حرارة 25 °C، وجد أن كتلة العينة 0.164 g؛ أحسب الكتلة المولية للغاز.

الحلّ:

$T = 25 + 273 = 298\ K,\ V = 0.25\ L$

$$Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P}$$

$$Mr = \frac{0.164}{0.25} \times \frac{0.082 \times 298}{1}$$

$$Mr = 16.0\ g/mol$$

أتحقَّق:

-1

$m = 1.28\ g,\ V = 0.25\ L$

$T = 121°C + 273 = 394\ K$

$$P = 786\ mmHg = \frac{786}{760} = 1.03\ atm$$

$$Mr = \frac{m}{V} \times \frac{RT}{P},\ Mr = \frac{1.28}{0.25} \times \frac{0.082 \times 394}{1.03}$$

$$Mr = 159.97\ g/mol$$

-2

$P = 750\ mmHg = 0.99\ atm,\ T = 21\ °C + 273 = 294$

$$d_{He} = M_r \times \frac{P}{RT}$$

$$d_{He} = 4.0 \times \frac{0.99}{0.082 \times 294} = 0.164\ g/L$$

معلومة إضافية

يعد تحديد الكتل المولية للغازات أحد أكثر تطبيقات قانون الغاز المثالي فائدة؛ إذ تحسب الكتلة المولية لها بمعرفة حجم عينة الغاز وكتلتها وضغطها ودرجة حرارتها، وبمعرفة العناصر المكونة لها ونسبها يمكن التعرف على نوع الغاز.

◄ المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات وأستخدام إستراتيجية (فكر، انتق زميل، شارك)، وأطلب إلى كل طالب/ طالبة الإجابة في ورقة خاصة، ثم مناقشة إلاجابة مع زميله/ زميلته، ومن ثم مشاركتها مع بقية أفراد مجموعته. وأُكلّفهم بتنفيذ المهمات الثلاث الآتية:
- إجابة السؤال الآتي:

– كيف تفسر انتشار رائحة الطعام في المنزل اعتمادًا على نظرية الحركة الجزيئية؟

إن جسيمات الغاز متباعدة جدا، وفي حركة مستمرة وسريعة وعشوائية؛ فتنتشر أبخرة الطعام بين جزيئات الهواء وتختلط معه فتنتشر رائحته.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- دراسة الشكل (11) والمقارنة بين ضغط كل غاز منفردًا والضغط بعد اختلاط الغازين.

يلاحظ أن عدد جسيمات A أكبر من B، وبالتالي تصادماتها مع جدار الإناء أكبر من B، أي ضغط الغاز A أكبر من ضغط الغاز B، وعند جمع الغازين في وعاء واحد له الحجم نفسه وعند درجة الحرارة ذاتها يلاحظ أن الضغط الجديد لها يساوي مجموع ضغط كل منهما كأنه منفردًا في الوعاء، علما أنهما لا يتفاعلان مع بعضهما بعضا.

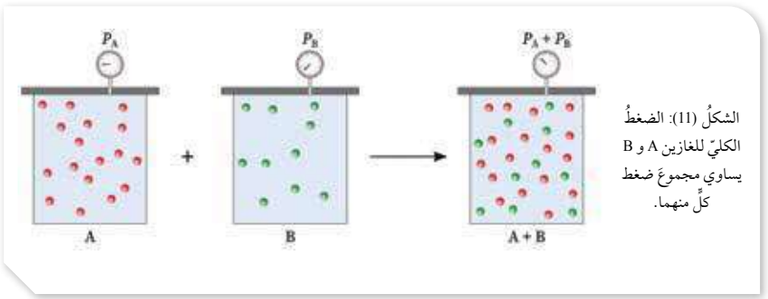
◄ بناء المفهوم:

- توضيح مفهوم الضغط الجزئي للغاز، الضغط الكُلّي للغاز، والتوصل إلى قانون دالتون للضغوط الجزيئية.

درس العالم دالتون الضغط الناتج عن خليط مكون من عدة غازات وتوصل إلى أن: الضغط الكُلّي لخليط مكون من غازات عدة غير متفاعلة يساوي مجموع الضغوط الجزئية لمكونات الخليط جميعها.

$P_T = P_A + P_B + \dots$.

الضغط الجزئي للغاز هو الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات، وينتج عن تصادم جسيماته مع جدار الإناء.



الشكلُ (11): الضغطُ الكليّ للغازين A و B يساوي مجموعَ ضغط كلٍّ منهما.

قانونُ دالتون للضغوط الجزئيّة

Dalton's Law of Partial Pressures

تختلطُ الغازاتُ بسهولة، وما الرائحةُ التي نشمُّها للطعام عند نُضجه إلّا دليلًا على اختلاط أبخرته بالهواء داخلَ المنزل. وَيُفَسَّرُ اختلاطُ الغازات وَفقَ نظريّة الحركة الجُزيئيّة بأنّ جُسيمات الغاز متباعدةٌ جدًّا وفي حركة مستمرّة وسريعة وعشوائيّة؛ ما يجعلُها تتحرّكُ وتنتشرُ في الفراغات بين جُسيمات بعضها بعضًا مكوّنةً خليطًا منَ الغازات.

درسَ العالِمُ دالتون الضغطَ الناجمَ عن خليطٍ مكوَّنٍ من عدّة غازات لا تتفاعلُ معَ بعضها داخلَ إناء واحد، ويوضّحُ الشكل (11) أنّ الغازَين A و B في وعائين منفصلين لهما الحجمُ نفسُهُ عند درجةِ الحرارة نفسِها، ولكلِّ غاز ضغطٌ خاصٌّ به ناجمٌ عن حركة جُسيماته المستمرّة والعشوائيّة وتصادمِها معَ جدار الإناء الموجودة فيه، وعدد جُسيمات الغاز A أكبرُ منها للغاز B، ومن ثَمَّ فإنّ ضغطَهُ أكبر، وعند جمع الغازَين في وعاء واحد له الحجمُ نفسُهُ وعند درجة الحرارة نفسِها تستمرُّ حركةُ جُسيمات كلِّ غاز ويستمرُّ تصادمُها معَ جدار الإناء كما لو كانت وحدَها فيه. وعليه، فإنّ لكلّ غاز ضغطًا مساويًا لضغطه وهو منفرد، أمّا الضغطُ الجديد داخلَ الإناء فناجمٌ عن الغازَين معًا ويساوي مجموعَ ضغطيهما.

يُسَمّى الضغطُ الذي يؤثّرُ به الغازُ في خليطٍ منَ الغازات غيرِ المتفاعلة الضغطَ الجُزئيَّ للغاز.

نشاط سريع

- أقسم الطلبة في مجموعات، وأعين مقررا لكل مجموعة وأستعين بهم في تنفيذ النشاط؛ باستخدام فواكه عدة ذات رائحة مميزة. أطلب من مقرر المجموعة اختيار نوع واحد منها وتقطيعه في وعاء (خارج الصف) وإحضاره، في الوقت نفسه أطلب من الطلبة إغماض أعينهم وأن عليهم التعرف إلى نوع الفاكهة قبل تناولها. وأطلب من الطلبة تفسير كيفية تعرفهم على نوع الفاكهة اعتمادًا على خصائص الغازات ونظرية الحركة الجزيئية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

توصّلَ العالِمُ دالتون إلى العلاقةِ بين الضغطِ الكليّ لخليط منَ الغازات التي لا تتفاعلُ معَ بعضها والضغطِ الجُزئيّ للغازات المكوّنةِ للخليط، أطلقَ عليها **قانونَ دالتون للضغوط الجُزئيّة Daltons Law Of Partial Pressures** وينصّ على أنّ: «الضغطَ الكليَّ لخليطٍ منَ الغازات التي لا تتفاعلُ معَ بعضها يساوي مجموعَ الضغوط الجُزئيّة لجميع مكوّنات الخليط».

يُعَبَّرعن قانون دالتون رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

$P_T = P_A + P_B + P_C + \ldots\ldots\ldots$

حيثُ P_T: الضغطُ الكليّ لخليط الغازات، P_A: الضغط الجُزئيّ للغاز A، P_B: الضغط الجُزئيّ للغاز B ، P_C: الضغط الجُزئيّ للغاز C.

المثال 9

أحسُبُ الضغطَ الكليَّ لخليط منَ الغازات مكوّن من غاز النيتروجين الذي ضغطُهُ الجُزئيّ 0.247 atm، وغاز الأكسجين الذي ضغطُهُ الجُزئي 0.346 atm، وغاز ثاني أكسيد الكربون الذي ضغطُهُ الجُزئيّ 0.444 atm

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

الضغطُ الجُزئيّ لغاز N_2 (P_{N_2}) = 0.247 atm

الضغطُ الجُزئيّ لغاز O_2 (P_{O_2}) = 0. 346 atm

الضغطُ الجُزئيّ لغاز CO_2 (P_{CO_2}) = 0.444 atm

المطلوب: حسابُ الضغط الكليّ للخليط P_T.

الحل:

أكتبُ قانونَ دالتون

$$P_T = P_{N_2} + P_{O_2} + P_{CO_2}$$

أعوّضُ:

$$P_T = 0.247\ atm + 0.346\ atm + 0.444\ atm$$

$$P_T = 1.037 atm$$

توظيف التكنولوجيا

- أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (تطبيقات عملية يقوم مبدأ عملها على قوانين الغازات).
- أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (9)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

اسطوانة غاز تحتوي مزيج من غاز الآرجون Ar، والنيتروجين N_2، وثاني أكسيد الكبريت SO_2، بضغط كلي 1atm، إذا كان الضغط الجزئي للآرجون 49 atm، والضغط الجزئي للنيتروجين 0.15 atm؛ أحسب الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكبريت. ويستخدم هذا المزيج لحفظ الأغذية المُعبّأة، حيث يجري حقنه في العبوة خلال عملية التعبئة.

الحلّ

الضغط الكُلّي $P_T = 1atm$، الضغط الجزئي لغازي:

$P_{SO_2} = 0.49\ atm$ ،$P_{N_2} = 0.15\ atm$

$P_T = P_{Ar} + P_{N_2} + P_{SO_2}$

$P_{SO_2} = 1 - (0.49 + 0.15)$

$P_{SO_2} = 0.36\ atm$

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (10)، ثم أوجّههم إلى حل المثال الآتي:

مثال إضافي

مزج 200 mL من غاز النيتروجين N_2 عند 25 °C وضغط 0.345 atm مع 350 mL من غاز الأكسجين O_2، عند 25 °C وضغط 0.444 atm في وعاء حجمه 300 mL، وعند 25 °C، أحسب الضغط الكُلّي للمزيج.

الحلّ:

يلاحظ ثبات درجة الحرارة، لذلك يستخدم قانون بويل لحساب الضغط الجزئي لكلٍّ من: N_2 و O_2

$$P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$

$$P_{N_2} = \frac{0.345 \times 200}{300} = 0.23 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = \frac{0.444 \times 350}{300} = 0.52 \text{ atm}$$

$$P_T = P_{N2} + P_{O2}$$

$$P_T = 0.23 + 0.52 = 0.75 \text{ atm}$$

✓ **أتحقَّق:** بما أن حجم كل من الغازين قل إلى النصف؛ فإن ضغط كل منهما سيزداد إلى الضعف.

$$P_{N_2} = 2 \times 0.395 = 0.79 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = 2 \times 0.11 = 0.22 \text{ atm}$$

$$P_T = 0.79 + 0.22 = 1.01 \text{ atm}$$

المثال 10

أحسُبُ الضغطَ الكليَّ لخليط منَ الغازات مكوّن من 0.02 mol من غاز الهيليوم He، و 0.01 mol من غاز الهيدروجين H_2، في وعاء حجمُهُ 5 L ودرجةُ حرارته 10 °C.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

عددُ مولات He $(n_{He} = 0.02 \text{ mol})$

عددُ مولات H_2 $(n_{H_2} = 0.01 \text{ mol})$

الحجمُ $(V = 5 \text{ L})$

درجةُ الحرارة (10 °C)

المطلوب: حسابُ الضغط الكليّ للخليط P_T.

الحلّ:

أحوّلُ درجاتِ الحرارة من °C إلى K

$$T = 10 \text{ °C} + 273 = 283 \text{ K}$$

ألاحظُ أنّ الضغوط الجُزئيّة للغازَين غيرُ معطاة؛ لذلك سأحسُبُها اعتمادًا على المُعطيات.

أحسُبُ ضغطَ الغاز باستخدام قانون الغاز المثاليّ

$$PV = n\,RT \rightarrow P = \frac{n\,R\,T}{V}$$

$$P_{He} = \frac{0.02 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ atm.L/mol.K} \times 283\ K}{5 \text{ L}}$$

الضغطُ الجُزئيّ لغاز He $P_{He} = 0.0929 \text{ atm}$

$$P_{H_2} = \frac{0.01 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ atm.L/mol.K} \times 283\ K}{5 \text{ L}}$$

الضغطُ الجُزئيّ لغاز H_2 $P_{H_2} = 0.0465 \text{ atm}$

$$P_T = P_{H_2} + P_{He}$$

$$P_T = 0.0929 \text{ atm} + 0.0465 \text{ atm}$$

$$P_T = 0.1394 \text{ atm}$$

✓ **أتحقَّق:** إذا علمتُ أنّ 2 L من غاز النيتروجين N_2 ضغطُهُ 0.395 atm و 2 L من غاز الهيدروجين H_2 ضغطُهُ 0.11 atm خُلِطَت في وعاء واحد حجمُهُ 1 L، فأحسُبُ الضغطَ الكليَّ للخليط.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** التفكير: التحليل**

أوجِّه الطلبة أثناء حل الأسئلة إلى وجوب توظيف مهارات التحليل لمعطيات السؤال وتفحص المعلومات، والربط بينها، ثم تحديد القوانين المرتبطة بها؛ للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

74

الانتشار والتدفُّق Diffusion and Effusion

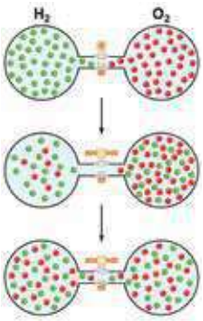
تنتشرُ رائحةُ العطور في أرجاء المنزل عند رشِّها، فما تفسيرُ ذلك؟

تتميّزُ الغازاتُ بالعديد منَ الخصائص الفيزيائيّة، منها الانتشارُ والتدفُّق، وَيُعَرَّفُ **الانتشارُ Diffusion** بأنّه عمليّةُ الاختلاط التدريجيّ للغازات معَ بعضها نتيجةَ انتقالها منَ المنطقة الأعلى تركيزًا إلى المنطقة الأقلّ تركيزًا، وينسجمُ ذلك معَ نظريّة الحركة الجُزيئيّة؛ إذ تحدثُ عمليّةُ الانتشار لأنّ جُزيئاتِ الغاز متباعدةٌ وفي حركة مستمرّة وسريعة وعشوائيّة؛ ما يسمحُ لها بالاختلاط بغيرها منَ الغازات. ويوضّحُ الشكل (12) عمليّةَ انتشار بخار البروم واختلاطِهِ معَ الهواء داخلَ الدَّورق.

الشكلُ (12): انتشارُ بخار البروم ليَملأَ الدَّورق.

وَيُعَرَّفُ **التدفُّقُ Effusion** بأنّه تسرُّبُ الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه، كتسرُّبِهِ من محبسِهِ في المدفأة، وتسرُّبِ الهواء من عجل السيّارة نتيجةَ اختراقِهِ بوساطة مِسمار مثلًا.

درسَ العالِمُ جراهام انتشارَ الغازات وتدفُّقَها، ولاحظ أنّ الغازاتِ ذاتَ الكتلة المولية الأقلّ أسرعُ تدفّقًا منَ الغازات ذاتِ الكتلة المولّيّة الأكبر. وتوصّلَ إلى أنّ «معدّلَ سرعة تدفُّق الغاز يتناسبُ عكسيًّا معَ الجذر التربيعيّ لكتلته المولّيّة عند درجة حرارة وضغط ثابتين»، وهو ما يُعرَفُ **بقانون جراهام Graham's Law**.



الشكلُ (13): سرعةُ تدفّق غاز الهيدروجين أكبرُ منها لغاز الأكسجين.

ويوضح الشكل (13)، تدفّق غازَي الهيدروجين والأكسجين عند فتح الصمّام بين الغازين، إذ إن تدفّق جُزيئاتُ غاز الهيدروجين أسرعَ من جُزيئات غاز الأكسجين؛ حيث ينتقلُ عددٌ أكبرُ من جُزيئات غاز الهيدروجين عبرَ الصمّام مقارنةً بعدد جُزيئات غاز الأكسجين، التي تنتقلُ بالاتجاه الآخر، ومعَ الوقت يختلطُ الغازان تمامًا.

يُعَبَّرُ عن قانون جراهام رياضيًّا على النَّحوِ الآتي:

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (الفرق بين انتشار وتدفق الغازات والعوامل المؤثرة به). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة،أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ بناء المفهوم:

الانتشار والتدفق

- أطرح السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بكل من الانتشار، والتدفق؟

أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقِشها معهم للتوصل إلى أن الانتشار هو انتقال جسيمات الغاز من المنطقة الأعلى تركيزا إلى الأقل تركيزا، واختلاطه تدريجيا مع الغازات الأخرى، أما التدفق فهو تسرّب الغاز من فتحة صغيرة في جدار الوعاء الموجود فيه.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12) وأناقشه معهم مبينا لهم أن البروم Br_2 سائل تترابط جسيماته بقوى لندن الضعيفة، وعند وضع كمية منه في الدورق؛ فإن بعض جسيماته تتبخر وتنتشر في الدورق مؤدية إلى تلوّنه بلون برتقالي.
- أطرح السؤال الآتي:

– ما العلاقة بين الكتلة المولّيّة للغاز وسرعة انتشاره أو تدفقة؟

أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (13) وأناقشه معهم؛ للتوصل إلى أن الغازات ذات الكتلة المولّيّة الأقل (H_2) تتدفق (وتنتشر) أسرع من الغازات ذات الكتلة المولّيّة الأكبر (O_2). وأن العالم جراهام توصل إلى قانون رياضي يربط بين الكتلة المولّيّة ومعدل سرعة التدفق ينص أن «معدل سرعة تدفق الغاز تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكتلته المولّيّة»، ثم أكتب القانون على اللوح وأنبّه حول كيفية ظهور التناسب العكسي فيه.

المناقشة:

- أناقش الطلبة في المثال (11)، ثم أوجّههم إلى حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

أحسب نسبة سرعة تدفق غاز الميثان CH_4 إلى غاز الأكسجين O_2 عند الظروف نفسها.

الحلّ

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{\frac{Mr\ O_2}{Mr\ CH_4}}$$

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{\frac{32}{16}}$$

$$\frac{\text{Rate } CH_4}{\text{Rate } O_2} = \sqrt{2}$$

$$\text{Rate } CH_4 = 1.4\ \text{Rate } O_2$$

مثال إضافي

يتدفق غاز النيتروجين بمعدل يساوي 1.7 ضعف معدل تدفق غاز مجهول X، أحسب الكتلة المولية للغاز المجهول.

الحلّ

$$\frac{\text{Rate } N_2}{\text{Rate X}} = \sqrt{\frac{Mr\ X}{Mr\ N_2}}$$

$$1.7 = \sqrt{\frac{Mr\ X}{28}} \quad \text{(بتربيع الطرفين)}$$

$$1.7 \times 1.7 = \frac{Mr\ X}{28}$$

$$Mr\ X = 81\ \text{g/mol}$$

أتحقَّق:

$M_r\ co_2 = 44\ \text{g/mol}$, $M_{r\,H_2} = 2\ \text{g/mol}$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{\frac{Mr\ CO_2}{Mr\ H_2}}$$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{\frac{44}{2}}$$

$$\frac{\text{Rate } H_2}{\text{Rate } CO_2} = \sqrt{22} = 4.7$$

$$\text{Rate } H_2 = 4.7\ \text{Rate } CO_2$$

$$\sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية للغاز B}}{\text{الكتلة المولية للغاز A}}} = \frac{\text{معدّل سرعة تدفّق A}}{\text{معدّل سرعة تدفّق B}}$$

$$\frac{\text{Rate}_A}{\text{Rate}_B} = \sqrt{\frac{Mr_B}{Mr_A}}$$

المثال 11

أحسُبُ النسبةَ بين سرعة تدفُّق غاز الهيليوم (He) إلى غاز النيتروجين N_2، عند الظروف نفسِها.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

الكتلةُ المولية لـ He $Mr_{He} = 4\ \text{g/mol}$

الكتلةُ المولية لـ N_2 $Mr_{N_2} = 28\ \text{g/mol}$

المطلوب: حسابُ النسبة بين سرعة تدفق الغازين.

الحلّ:

أكتبُ القانون

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{\frac{Mr\ N_2}{Mr\ \text{He}}}$$

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{\frac{28}{4}}$$

أعوّضُ

$$\frac{\text{Rate He}}{\text{Rate } N_2} = \sqrt{7} = 2.7$$

$$\text{Rate He} = 2.7\ \text{Rate } N_2$$

أتحقَّق: ما نسبةُ سرعة تدفّق غاز الهيدروجين H_2 إلى سرعة تدفّق غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند الظروف نفسِها؟

الربطُ بالحياة

الثيولات

تضافُ كميّاتٌ قليلةٌ من مركّبات الثيول R-SH (مركّبات عضويّة كبريتيّة) ذاتُ رائحة نفّاذة إلى غاز الطبخ المكوّن من غازي البروبان والبيوتان عديمَي الرائحة؛ وذلك للكشف عن أيِّ تسرُّبٍ مُحتملٍ للغاز.

الربطُ بالحياة

الثيولات

- أوجه الطلبة إلى قراءة الفقرة للتعرف إلى أهمية إضافة مركبات الثيولات إلى غاز الطبخ، وحثهم على تعلم الطريقة الصحيحة لتفقّد محابس الغاز، ومعرفة الإجراءات الصحيحة اللازم اتخاذها في حالة حدوث تسرب الغاز.

التجربة 2

قابليةُ الغازات للانتشار

الموادُّ والأدوات:

أنبوب زجاجي مفتوح الطرفين، حامل وماسك، قطعتان صغيرتان منَ القطن، محلول حمض HCl تركيزُه (6 M)، محلول الأمونيا NH_3 مركّز، سدادتان منَ الفلّين، مِلقط.

إرشاداتُ السلامة:

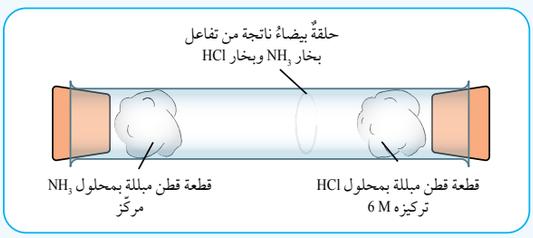
- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ والكمامة.
- أحذرُ من تذوّقِ محلول حمض الهيدروكلوريك أو محلول الأمونيا أو لمسهما بيديّ.

خطواتُ العمل:

1- أُثَبِّتُ الأنبوبَ الزجاجي أفقيًّا على الحامل مستعملًا الماسك.

2- أُبَلِّلُ إحدى قطعتي القطن بمحلول حمض HCl، والأخرى بمحلول NH_3.

3- أضعُ إحدى قطعتي القطن المبلّلتين في الطرف الأيمن للأنبوب والأُخرى في الطرف الأيسر، وأُغلقُ كلَّ طرف بالسدادة، كما في الشكل.



4- **أُلاحِظُ** ما يحدثُ داخلَ الأنبوب. هل تكوّنت حلقةٌ بيضاءُ داخلَه؟

5- أصف موقعَ تكوُّنِ الحلقة داخلَ الأنبوب بالنسبة إلى كلٍّ منَ قطعتي القطن.

التحليلُ والاستنتاج:

1- **أُفَسِّرُ** ما حدثَ باستخدام معادلة كيميائيّة تُعَبِّرُ عنِ التفاعل الحادث.

2- **أستنتجُ** أيُّ الغازين أسرعُ انتشارًا.

تقويم تجربة قابلية الغازات للانتشار.

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	تركيب الجهاز المستخدم بشكل صحيح		
2	تسجيل الملاحظات حول التغيرات في الأنبوب الزجاجي بدقة .		
3	التوصُّل إلى استنتاجات صحيحة عن طريق التجربة.		

التجربة 2

قابلية الغازات للانتشار

الهدف: أستقصي قابلية الغازات للانتشار.

زمن التنفيذ: 15 min

المهارات العلمية: الملاحظة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذّر الطلبة من شم أيٍّ من المواد الكيميائية أو تذوقها، مثل حمض الهيدروكلوريك، أو الأمونيا، وعدم لمسها باليد.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- في الخطوة (3) أوجّه الطلبة إلى إغلاق طرفي الأنبوب جيدا.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأدِير نقاشًا معهم لوصف موقع تكون الحلّقة البيضاء وسبب تكونها.

النتائج المتوقعة: تتكون الحلّقة البيضاء، بحيث تكون أقرب إلى القطنة المُبلّلة بمحلول HCl، قد تتكون حلقة غير واضحة.

التحليل والاستنتاج:

1. $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$
2. غاز الأمونيا أسرع انتشارا، حيث تكونت حلقة NH_4Cl أقرب إلى القطنة المبللة بمحلول HCl.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير (الأدلة والبراهين):**

أخبر الطلبة أنّ التفكير من العمليات العقلية المهمة الذي يساعد الإنسان في تقديم الأدلة والبراهين لإثبات ظاهرة ما أو رفضها؛ مثال ذلك؛ المقارنة بين الغازات من حيث سرعة انتشارها.

مراجعة الدرس

1 لأن جسيمات الغاز متباعدة جدا وقوى التجاذب بينها شبه معدومة.

2 **الغاز المثالي:** غاز افتراضي حجم جسيماته = صفرا، وقوى التجاذب بينها معدومة، لذلك لا يمكن إسالته مهما زاد الضغط المؤثّر عليه أو انخفضت درجة حرارته.
الضغط الجزئي للغاز: الضغط الذي يؤثر به الغاز في خليط من الغازات غير المتفاعلة.
التدفق: تسرب الغاز المضغوط من فتحة صغيرة في جدار الإناء الموجود فيه.

3 N_2 لأن كتلته المولية أقل.

4
- متوسط الطاقة الحركية لا تتغير.
- يزداد عدد التصادمات الكُلّية لِجُزيئات غاز H_2 خلالَ وحدة الزمن.
- يزداد ضغط غاز H_2.

5 قيمة V_2 التي حسبها الطالب = (−150.4 mL)، وهي قيمة غير مقبولة لتعبّر عن حجم الغاز، والخطأ الذي ارتكبه هو عدم تحويل قيم درجات الحرارة من °C إلى درجة الحرارة المطلقة.

6
$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$1atm \times 300\ mL = 0.63\ atm \times V_2$$
$$V_2 = \frac{300}{0.63} = 476.2\ mL$$

7
$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$
$$\frac{3.5 \times 0.86}{293} = \frac{0.56 \times 8.0}{T_2}$$
$$T_2 = 436.1\ K = 163.1\ °C$$

8
$$PV = n\ RT$$
$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{5.67}{44} = 0.13\ mol$$
$$T = 23\ °C + 273 = 296\ K$$
$$V = \frac{0.13 \times 0.082 \times 296}{0.985} = 3.2\ L$$

9
$$d = Mr \times \frac{P}{RT}\ ,\ Mr\ H_2S = 34\ g/mol$$
$$P = \frac{967}{760} = 1.27\ atm\ ,\ T = 56\ °C + 273 = 329\ K$$
$$d = 34 \times \frac{1.27}{0.082 \times 329}$$
$$d = 1.6\ g/L$$

10
$$n_{O_2} = \frac{6.0}{32} = 0.19\ mol$$
$$n_{CH_4} = \frac{9}{16}\ 9/16 = 0.56\ mol$$
$$PV = n\ RT$$
$$P_{O_2} \times 15 = 0.19 \times 0.082 \times 273$$
$$P_{O_2} = 0.28\ atm$$
$$P_{CH_4} \times 15 = 0.56 \times 0.082 \times 273$$
$$P_{CH_4} = 0.84\ atm$$
$$P_T = P_{O_2} + P_{CH_4}\ ,\ P_T = 0.28 + 0.84 = 1.12\ atm$$

11
$$\frac{Rate\ X_2}{Rate\ O_2} = \sqrt{\frac{Mr_{O_2}}{Mr_{X_2}}}$$
$$0.6713 = \sqrt{\frac{32}{Mr_{X_2}}}$$
$$(0.6713)^2 = \frac{32}{Mr_{X_2}}$$
$$0.4506 = \frac{32}{Mr_{X_2}}$$
$$Mr_{X_2} = \frac{32}{0.4506} = 71g/\ mol$$

12
$$PV = n\ RT$$
$$T_1 = 273 + 27 = 300\ k\ ,\ T_2 = 273 + (-23) = 250\ K$$
$$n_1 = \frac{1 \times 2400}{0.082 \times 300)} = 97.56mol$$
$$n_2\ \frac{m}{Mr} = \frac{80}{4} = 20mol$$
$$n = 97.56 - 20 = 77.56\ mol\ \text{المتبقية}$$
$$P_2 = \frac{n\ RT}{V} = \frac{77.56 \times 0.082 \times 250}{2400}$$
$$= 0.66\ atm.$$

مراجعةُ الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسة: أُفَسِّرُ:** تتشابَهُ الغازاتُ في خصائصها الفيزيائيّة.

2 - أوضِّحُ المقصود بكل من:
- الغاز المثاليّ.
- الضغط الجُزئيّ للغاز.
- التدفُّق.

3 - أُحَدِّدُ الغازَ الأسرعَ انتشارًا: النيتروجين N_2 أم الآرغون Ar.

4 - **أَصِفُ:** عينةٌ من غاز الهيدروجين H_2 في الظروف المعياريّة، نُقلت إلى وعاء أصغرَ حجمًا عند درجة الحرارة نفسِها، أصف التغيّر الذي يحدثُ لكلٍّ من:
- متوسطِ الطاقة الحركيّة لِجُزيئات H_2.
- عددِ التصادمات الكليّة لِجُزيئات غاز H_2 خلالَ وحدة الزمن.
- ضغطِ غاز H_2.

5 - **أُفَسِّرُ:** استخدمَ أحدُ الطلبة البيانات الآتية $V_1 = 752\ mL$ ، $T_1 = 75\ °C$ ، $T_2 = -15\ °C$ لحساب V_2 لأحد الغازات، وكانت إجابته $V_2 = -150.4\ mL$. ما الخطأُ الذي ارتكبَهُ الطالبُ خلالَ حسابه قيمة V_2؟

6 - **أحسُبُ:** إذا علمتُ أنّ بالونًا مملوءًا بغاز الهيليوم حجمُهُ 300 mL عند ضغط 1 atm، ارتفعَ إلى أعلى بحيثُ أصبح الضغط 0.63 atm، فأحسُبُ حجمَهُ الجديدَ بفرض بقاء درجة الحرارة ثابتة.

7 - **أحسُبُ:** عينةٌ من غاز حجمُها 3.5 L عند درجة حرارة 20 °C وضغط 0.86 atm. أحسُبُ درجة حرارتها إذا سُمِحَ لها بالتمدُّدِ حتى أصبح حجمُها 8 L عند ضغط 0.56 atm.

8 - **أحسُبُ:** أنتج تفاعلٌ ما 5.67 g من غاز CO_2. أحسُبُ حجمَ الغاز عند درجة حرارة 23 °C وضغط يساوي 0.985 atm.

9 - **أحسُبُ** كثافةَ غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S بوحدة g/L عند درجة حرارة 56 °C وضغط يساوي 967 mmHg

10 - **أحسُبُ** الضغطَ الكليَّ لخليط مكوّن من 6 g من غاز الأكسجين O_2 و 9 g من غاز الميثان CH_4 في وعاء حجمُهُ 15 L وعند درجة حرارة 0 °C.

11 - **أحسُبُ** الكتلةَ المولية لغاز مجهول ثنائيّ الذرّة يتدفّقُ بمعدّل 0.6713 من معدل سرعة تدفُّق O_2 عند درجة الحرارة نفسِها.

12 - **أحسُبُ:** بالونٌ حجمُهُ 2400 L مملوءٌ بغاز الهيليوم He عند ضغط يساوي 1 atm ودرجة حرارة 27 °C، ارتفع إلى أعلى حيثُ درجة الحرارة 23- °C، ولكي يبقى حجمُهُ ثابتًا جرى التخلُّصُ من 80 g مِنَ الهيليوم. أحسُبُ ضغطَ الغاز في البالون بعد ارتفاعه إلى أعلى.

الدرس 2
الحالة السائلة
Liquid State

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم أمهّد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للسوائل مثل ثبات الحجم وعدم ثبات الشكل، ثم أسألهم عن أنواع قوى التجاذب بين الجزيئات، وأستمع لإجاباتهم، ثم أبيّن لهم أن خصائص السوائل مرتبطة بقوى التجاذب بينها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أكتب على اللوح كلمة (سائل)، ثم أنظّم **جلسة عصف ذهني**، بحيث يذكر الطلبة كل الكلمات والأفكار المرتبطة بها، وأُكلّف أحد الطلبة بكتابتها على السبورة.

من الكلمات التي قد يذكرها الطلبة: شكله غير ثابت، حجمه ثابت، جسيماته متقاربة، ينتشر، يجري، يغلي، وغيرها.

- أطلب إلى الطلبة استخلاص الخصائص الفيزيائية للمواد السائلة من مجموعة الكلمات التي ذكروها.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأُطبّق **إستراتيجية التعلّم التعاوني**.
- أطلب إلى كل مجموعة الإجابة عن الأسئلة الآتية كتابيًّا؛ على أن يشارك أفرادها جميعهم في الإجابة.

– كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية خصائص السوائل؟
اعتماد على الحركة المستمرة والعشوائية لجزيئاتها، وكذلك قوى التجاذب بينها.

– أيُّ خصائص السائل يمكن تفسيرها اعتمادًا على حركة جزيئات السائل المستمرة والعشوائية؟ قدرة السائل على الجريان وشكله غير الثابت، وكذلك انتشار جزيئات السائل في سائل آخر.

– ماذا تسمى المواد التي لها القدرة على الجريان أو الانسياب؟
الموائع وتشمل المواد السائلة والغازية.

– ما أثر وجود قوى تجاذب بين جزيئات السائل على خصائصه الفيزيائية؟ تحافظ على جزيئات السائل متقاربة، وتقلل من طاقتها الحركية، وبالتالي يبقى حجمه ثابتا،

◄ الفكرة الرئيسة:
تمتازُ السوائلُ بخصائصَ محدّدةٍ تعتمدُ على قوى التجاذب بين جزيئاتها.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:
- أوضّحُ المقصودَ بالمفاهيم: تبخّر، تكاثف، ضغط بخاري، درجة الغليان.
- أستنتجُ العواملَ التي تؤثّرُ في خصائص المادة في الحالة السائلة.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:

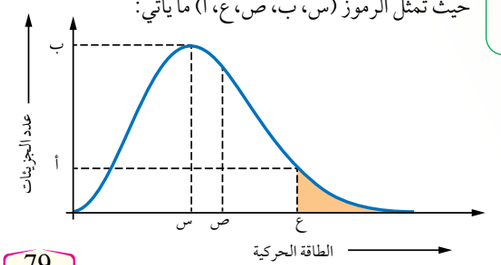
المائعُ	Fluid
التبخُّرُ	Evaporation
التكاثفُ	Condensation
الضغطُ البخاريّ	Vapor Pressure
درجةُ الغليان	Boiling Point
درجة الغليان العادية	Normal Boiling Point

بعضُ الخصائص الفيزيائيّة للسوائل
Some Physical Properties of Liquids

يوصفُ السائلُ بأنه مادّةٌ ذاتُ حجم ثابت وتأخذُ شكلَ الإناء الذي توضعُ فيه، ويمكنُ فهمُ خصائص السوائل اعتمادًا على حركة جُزيئاتها وقوى التجاذب بينها، فَجُزيئاتُها في حركة مستمرّة وعشوائيّة كالغازات، وهذا سببُ تسميةِ السوائل والغازات بالموائع؛ **فالمائع Fluid** هو المادّةُ التي لها القدرةُ على الجريان أو الانسياب، وتأخذُ شكلَ الإناء الموجودة فيه. وترتبطُ جُزيئاتُ السائل بقوى تجاذب ضعيفة نسبيًّا، إمّا روابطُ هيدروجينيّة أو قوى تجاذب ثنائيّة القطب أو قوى لندن، تجعلُها أكثرَ تقاربًا من جُسيمات الغاز وطاقتها الحركية أقلّ، وهذا التقاربُ يجعلُها غيرَ قابلة للانضغاط، كما تكون كثافتُها أكبرَ من كثافة الغازات. وفي ما يأتي أهمُّ خصائص السوائل.

التبخُّرُ Evaporation

تتبخّرُ مياهُ المسطحات المائيّة دونَ أن تغلي، فكيف يحدثُ ذلك؟
تُعَرَّفُ عمليةُ **التبخُّر Evaporation** بأنّها تحوُّلُ المادّة منَ الحالة السائلة إلى الحالة الغازيّة، وحتى تحدث هذه العمليّة يجب أن تكون الطاقةُ الحركيّة لبعض الجُزيئات كافيةً للتغلّب على قوى التجاذب بينها وبين الجُزيئات المحيطة بها، فتفلت من سطح السائل إلى الحالة الغازيّة.
يوضّحُ الشكل (14) منحنى ماكسويل – بولتزمان، الذي يوضّحُ توزيعَ الطاقة الحركيّة لِجُزيئات السائل عند درجة حرارة معيّنة؛ حيث تمثّلُ الرموزُ (س، ب، ص، ع، أ) ما يأتي:



الشكلُ (14): منحنى ماكسويل – بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركيّة لِجُزيئات السائل عند درجة حرارة معيّنة.

ويكون غير قابل للانضغاط، وتكون كثافته أعلى من كثافة الغازات، بالإضافة إلى خصائص أخرى ستجري دراستها بالتفصيل.

- أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات، وأطلب إليهم مشاركة بعضهم بعضا في ما توصّلوا إليه.
- أوجّه الطلبة للعودة إلى لوحة (نظرية الحركة الجزيئية وحالات المادة) الحالة السائلة وتعبئتها.

◄ المناقشة:

- أطرح السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بعملية التبخر؟ وكيف يتبخر السائل؟ أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن التبخر هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وأن عملية التبخر تحدث نتيجة الحركة المستمرة والدائمة والتصادمات بين جزيئات السائل، مما يجعل بعض هذه الجزيئات تمتلك طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بينها وبين الجزيئات المحيطة؛ فتفلت من سطح السائل أي تتبخر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (14) وأناقشهم في دلالة الرموز فيه.

المناقشة:

- أسأل الطلبة:

– ما الرمز الذي يمثل الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات؟ (ع).

– في المنحنى؛ ما الجزء الذي يمثل الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر؟ المنطقة المظللة تحت المنحنى.

أبيّن للطلبة أنه لا يشترط غليان السائل حتى يتبخر، فمياه البحار تتبخر، وإن سبب ذلك حركة جزيئات السائل وتصادمها المستمر يجعل بعضها يمتلك طاقة كافية للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات، وبالتالي التبخر في أي لحظة.

قراءة الجداول:

- أوزّع الطلبة في مجموعات وأستخدم **إستراتيجية (فكر، انتق زميل، شارك)** بحيث يفكر كل طالب منفردًا أولا، ثم يتشارك مع زميل له ما توصلا إليه، وأخيرا تتفق المجموعة على الإجابة بعد مناقشتها.
- أطرح السؤال الآتي: لماذا تتفاوت السوائل في سرعة تبخرها؟
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما نوع قوى التجاذب بين جزيئات الإيثانول والأسيتون؟

– أيهما أسرع تبخرا؟ ولماذا؟

- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم عند الحاجة، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، وتكليف أحد الطلبة بعرض النتائج ومناقشتها للتوصل إلى أن قوى التجاذب بين جزيئات السائل هي أحد العوامل المؤثرة في سرعة التبخر، وأن قوى التجاذب كلما كانت بين جزيئات السائل أقوى كان الحد الأدنى من الطاقة اللازم للتغلب عليها أكبر، وكانت سرعة تبخرها أقل عند درجة حرارة معينة.

س : الطاقةُ الحركيّة التي يمتلكها أكبرُ عدد من جُزيئاتُ السائل.

ب : عددُ الجُزيئات التي تمتلكُ الطاقةَ الحركيّة س.

ص : متوسطُ الطاقة الحركيّة للجُزيئات.

ع : الحدُّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة للتغلّب على قوى التجاذب بين جُزيئات السائل.

أ : عددُ الجُزيئات التي تمتلكُ الطاقةَ ع.

أمّا المنطقة المظلّلةُ فتمثّلُ الجُزيئاتِ التي تمتلكُ طاقةً كافية للتبخّر.

أُلاحِظُ منَ المنحنى وجود جُزيئات تمتلك طاقة كافية للتبخُّر (المنطقة المظللة تحت المُنحنى)، فتفلت هذه الجُزيئات من سطح السائل متحوِّلةً للحالة الغازية، كما أنّ الحركة الدائمة والتصادمات المستمرّة بين جُزيئات السائل تزيد من الطاقة الحركيّة لبعض الجزيئات، فتصبح كافيةً للتغلّب على قوى التجاذب التي تربطها معَ الجُزيئات المحيطة بها، فتفلت من سطح السائل؛ أي تتبخّر دون أن تكون درجةُ الحرارة مساويةً لدرجة الغليان.

وهو ما يفسِّرُ حدوثَ عمليّة التبخُّر من سطح السائل عند أيِّ درجة حرارة؛ نظرًا لوجود جُزيئات تمتلكُ حدًّا أدنى منَ الطاقة اللازمة للتبخُّر في أيّ لحظة.

العواملُ المؤثّرة في سرعة التبخُّر Factors Affecting Evaporation Rate

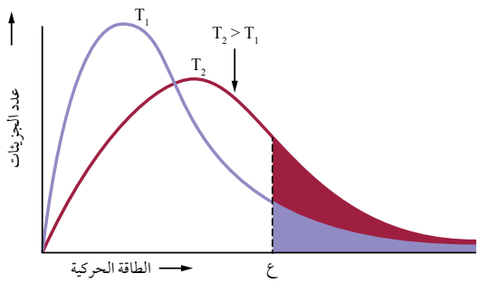
تختلفُ السوائلُ في سرعة تبخُّرها اعتمادًا على قوى التجاذب بين جُزيئاتها عند ثبات درجة الحرارة، ويبيّنُ الجدول (1) نوعَ قوى التجاذب بين جُزيئات سائلَين؛ كحول الإيثانول والأسيتون، ومقارنةً بين سرعة تبخُّرهما.

الجدول (1): أثرُ قوى التجاذب بين جُزيئات السائل في سرعة تبخُّره.

المادّة	نوعُ قوى الترابط بين جُزيئاتها في الحالة السائلة	الحدُّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة للتبخُّر	سرعةُ التبخُّر
كحول الإيثانول CH_3CH_2OH (مُطَهِّرٌ للجروح)	الروابط الهيدروجينيّة	أكبر	أقلّ سرعة
الأسيتون CH_3COCH_3 (مزيلُ طِلاء الأظافر)	ثنائيّة القطب	أقلّ	أسرع

معلومة إضافية

الحركة البراونية: لاحظ العالم براون خلال تجاربه على النباتات حركة مستمرة لحبيبة لقاح صغيرة قطرها 0.01mm في الماء، وقام بإجراء مزيدًا من التجارب لمعرفة سبب هذه الحركة، وتوصّل إلى أن سبب ذلك حركة مستمرة عشوائية لجزيئات السائل، وتصادمها مع هذه الحبيبات الصغيرة، وقد أسهم علماء عدة آخرون في إثبات ذلك، وأن هذا ينطبق أيضًا على حركة جزيئات الغاز.



الشكلُ (15): منحنى ماكسويل – بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركيّة للجُزيئات عند درجتي حرارة T_1 و T_2.

ألاحظُ أنّ جُزيئاتِ كحول الإيثانول ترتبطُ بروابطَ هيدروجينيّة، وهي قويّةٌ نسبيًّا مقارنةً بقوى التجاذب ثنائيّة القطب بين جُزيئات الأسيتون، ومن ثَمَّ فإنّ الحدَّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة لتبخُّر الأسيتون أقلّ؛ لذلك يتبخَّر أسرع، أمّا الإيثانول فإنّ الحدَّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة لتبخُّره أكبر؛ لذلك تكون سرعة تبخُّره أقلّ. هذا يعني أنه كلّما كانت قوى التجاذب بين جُزيئات السائل أقوى كان الحدُّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة لتبخُّره أكبرَ وسرعة تبخُّره أقلّ.

هناك عاملٌ آخَرُ يؤثّرُ في سرعة التبخُّر، هو درجةُ الحرارة. ولتفسير ذلك، يُستخدَمُ منحنى ماكسويل – بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركيّة لِجُزيئات السائل عند درجتي حرارة T_1 و T_2 حيث $T_2 > T_1$، ويمثّلُ الرمزُ (ع) الحدَّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة للتبخر ولا يعتمد على درجة الحرارة، كما في الشكل (15). وعند مقارنة المِساحة المظلّلة تحت المنحنيين، نجد أنّ عدد الجُزيئات التي تمتلكُ الطاقة اللازمة للتبخُّر عند درجة حرارة T_2 أكبرُ منها عند T_1.

تفسيرُ ذلك أنّ زيادة درجة الحرارة تزيدُ منَ الطاقة الحركيّة للجُزيئات وتزيدُ من عدد التصادمات بينها، فيزدادُ عددُ الجُزيئات التي تمتلكُ الحدَّ الأدنى منَ الطاقة اللازمة للتبخُّر وتزدادُ سرعة التبخُّر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوزّع الطلبة في مجموعات وأستخدم إستراتيجية (**فكر، انتق زميلا، شارك**) بحيث يفكر كل طالب/ طالبة منفردًا أولا، ثم يشارك زميلا/ زميلة ما توصلا إليه، وأخيرا؛ تتفق المجموعة على الإجابة بعد مناقشتها.
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (15) ثم أطرح عليهم الأسئلة الأتية:

– ماذا يمثل الشكل؟ أيهما أكبر T_1 أم T_2؟

– ماذا يمثل الرمز ع؟ ولماذا تزداد سرعة تبخر السائل بزيادة درجة حرارته؟

أطلب إلى كل مجموعة إشراك طالب لعرض النتائج ومناقشتها للتوصل إلى أن الشكل يمثل منحنى ماكسويل بولتزمان لتوزيع الطاقة الحركية للجزيئات عند درجتي حرارة $T_2>T_1$، وأنه بزيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وتزداد عدد التصادمات بينها؛ فيزداد عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر وتزداد سرعة التبخر.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** المهارات الحياتية : التواصل**

يعد التواصل أحد المهارات الحياتية المهمة، وتتضمن القدرة على التعبير عن الأفكار بشكل واضح، والاستماع إلى آراء الآخرين، وتقبل الرأي الآخر واحترامه، وتقديم الدعم للآخرين وتشجيعهم على المشاركة، مثلا أثناء تنفيذ العمل التعاوني.

◄ بناء المفهوم:

طاقة التبخر المولية

- أوضّح للطلبة أنّ كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد من المادة من الحالة السائلة إلى الغازية عند درجة حرارة معينة تسمى طاقة التبخر الموليّة. وأبين للطلبة أنها طاقة ممتصة وأستخدم معادلة تبخر الماء في توضيح ذلك.

✓ أتحقَّق:

1- كلما كانت قوى التجاذب بين الجزيئات أقوى كانت طاقة التبخر الموليّة أكبر.

2- $CH_3OH < CH_3Cl < CH_3CH_3$

الترتيب حسب سرعة التبخر من الأقل إلى الأعلى.

أفكّر

أ : الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل B فيتبخر.

ب: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئات السائل A فيتبخر.

- السائل A لأن الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لتبخره أقل.

معلومة إضافية

طاقة التبخر المولية

- أوضح للطلبة أن طاقة التبخر المولية تعتمد على قوى التجاذب بين جزيئات السائل، وأن قوى التجاذب كلما كانت بين جزيئات السائل أقوى كانت طاقة التبخر المولية أكبر.

تُسَمّى كميّةُ الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد منَ المادّة منَ الحالة السائلة إلى الحالة الغازيّة عند درجة حرارة معيّنة طاقةَ التبخُّر الموليّة.

ويمكن تمثيلُ عملية تبخُّر مول منَ الماء بالمعادلة:

$$H_2O_{(l)} + 40.7\ kJ/mol \leftrightarrows H_2O_{(g)}$$

تمثِّلُ الطاقةُ في المعادلة طاقةَ التبخُّر الموليّة للماء، ويتميّزُ الماءُ بارتفاع طاقة تبخُّره الموليّة مقارنةً بغيره منَ السوائل.

✓ أتحقَّقُ:

1 – ما العلاقةُ بين طاقة التبخُّر الموليّة للسائل وقوى التجاذب بين جُزيئاته؟

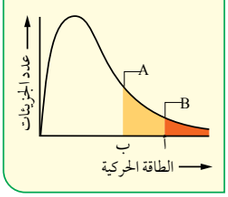
2 – أُرَتِّبُ السوائلَ الآتية تصاعديًّا تبعًا لتزايد سرعة تبخُّرها:

CH_3CH_3 , CH_3OH , CH_3Cl

أفكّر يمثِّلُ الشكلُ الآتي توزيعَ الطاقة الحركيّة لِجُزيئات السائلَين A وB عند درجة حرارة معيّنة.

– مـاذا تمثِّـلُ كلٌّ مـنَ النقطتين أ و ب؟

– أيُّ السائلَين أسرعُ تبخُّرًا عند درجة الحرارة نفسِها؟



الربطُ بالحياة

صناعةُ القهوةِ سريعةِ الذوبان

للحصول على بلّورات القهوة سريعةِ الذوبان تُجَفَّفُ القهوةُ السائلة بطريقتين، هما: التجفيفُ بالرَّشّ، والتجفيفُ بالتجميد. في الأولى، تُرَشُّ القهوةُ السائلةُ المُرَكَّزَةُ كرذاذٍ خفيفٍ في هواءٍ شديدِ الحرارة والجفاف (نحوَ 250 °C)؛ إذ يعملُ الرَّذاذُ على زيادة مِساحة السطح المُعَرَّضِ للتبخُّر على نحوٍ كبير، فيتبخَّرُ الماءُ بسرعة تاركًا حُبيباتٍ مِنَ القهوةِ سريعة الذوبان. أمّا التجفيفُ بالتجميد، فَتُبَرَّدُ فيه القهوةُ السائلةُ المُرَكَّزَةُ على مرحلتين إلى درجة حرارة نحو (-40°C)، فَتَتَشَكَّلُ ألواحٌ مِنَ القهوةِ المُجمّدة يجري تكسيرُها إلى حُبيبات ثمّ إرسالُها إلى وحدة التجفيف المُفَرَّغَةِ مِنَ الهواء؛ حيثُ يتسامى الجليدُ على درجة حرارة منخفضة تاركًا حُبيباتٍ مِنَ القهوة سريعة الذوبان.

الربطُ بالحياة

صناعة القهوة سريعة الذوبان

- أوجّه الطلبة لقراءة النص الوارد في بند (الربط بالحياة)، واستنتاج طرق تجفيف القهوة السائلة للحصول على القهوة سريعة الذوبان. وربط ذلك بالعوامل التي تزيد من سرعة التبخر، ومنها زيادة مساحة سطح السائل المعرض للتبخر، وكذلك تخفيض الضغط المؤثر على سطحه فيتبخر على درجة حرارة منخفضة.

التكاثفُ Condensation

تُسَمّى عمليّةُ تحوُّلِ المادّة مـنَ الحالة الغازيّة إلى الحالة السـائلة **التكاثفَ Condensation**، وتحـدثُ عندمـا تنخفـضُ درجـةُ حـرارة البخـار فتقلُّ الطاقـةُ الحركيّة لِجُزيئاته وتقلُّ سـرعتُها، وعندما تتقاربُ للحـدِّ الكافـي تتجاذبُ حَسَـبَ نوع قـوى التجاذب بينهـا متحوّلةً إلى الحالـة السـائلة. وينجمُ عـن عمليّـة التكاثف تحـرُّرُ كميّةٍ مـنَ الطاقة مسـاويةٍ لكميّـة الطاقـة المُمتصّـة عند التبخُّـر، وَتُسَـمّى كميّـةُ الطاقة الناتجـةِ مـن تكاثـف مول واحـد من بخـار المادّة مـنَ الحالـة الغازيّة إلـى الحالـة السـائلة عند درجة حـرارة معيّنة طاقـةَ التكاثـف المولـيّة.

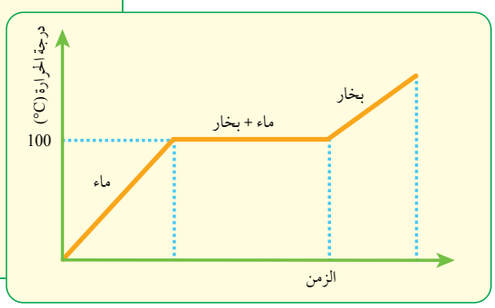
ويمكن التعبيرُ عن عمليّة تكاثف مول من بخار الماء بالمعادلة:

$$H_2O_{(g)} \leftrightarrows H_2O_{(l)} + 40.7\ kJ/mol$$

أُلاحِظُ أنّ طاقة التبخُّر المولـيّة للماء تساوي طاقة تكاثفه المولـيّة، وأنّ عمليّة التبخُّر ماصّةٌ للطاقة وعمليّة التكاثف طاردةٌ لها.

✓ **أتحقَّقُ**: ما شروطُ حدوثِ عمليّة التكاثف؟

أفكّرُ أُفَسِّرُ، مستعينًا بالشكل الآتي الذي يمثل منحنى تسخين الماء:
الحروق الناجمة عن بخار الماء أشدّ من تلك الناجمة عن الماء الساخن عند 100 °C.



بناء المفهوم:

- أطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

– ما المقصود بالتكاثف؟

التكاثف هو تحوّل المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة.

– كيف تحدث عملية التكاثف؟

عندما تنخفض درجة الحرارة تقل الطاقة الحركية للجزيئات وتقل سرعتها، وعندما تتقارب تتجاذب متحولة إلى الحالة السائلة.

– ما العلاقة بين طاقة التبخر المولـيّة وطاقة التكاثف المولـيّة للمادة؟ أكتب معادلة تكاثف الماء على أن تكون الطاقة جزء منها.

طاقة التبخر المولـيّة تساوي طاقة التكاثف المولـيّة ولكنها طاقة منبعثة.

- أستمع لإجابات الطلبة ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى الإجابات السابقة، وأُكلّف أحد الطلبة بكتابة المعادلة ثم أوضّح أن الطاقة المنبعثة تكتب جهة المواد الناتجة.

✓ **أتحقَّق**: انخفاض درجة حرارة السائل وتقارب جزيئاته.

أفكّرُ

نلاحظ من المنحنى ارتفاع درجة حرارة الماء نتيجة تسخينه حتى 100 °C، ثم ثبات هذه الدرجة لمدة من الزمن مع استمرار التسخين؛ فيمتص الماء مزيدا من الطاقة الحرارية للتغلب على قوى التجاذب بين جزيئاته متحولا إلى بخار الماء، أي أن بخار الماء يختزن كمية من الطاقة الحرارية أكبر من تلك التي يختزنها الماء عند 100°C، وعند تكاثفه؛ فإنه يطلقها مُسبّبا حروقا أشد من تلك التي يسببها الماءعلى درجة حرارة 100 °C.

طريقة أخرى للتدريس — **التكاثف**

- أوزِّع الطلبة في مجموعات؛ **تشكل كلٌّ منها طاولة مستديرة** أمرِّر إلى كل مجموعة ورقة تتضمن الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالتكاثف؟

– كيف يحدث التكاثف؟

– ما العلاقة بين طاقة التبخر وطاقة التكاثف المولية؟ أكتب معادلة التكاثف على أن تكون الطاقة جزء منها.

- أوجّه الطلبة إلى تمرير الورقة إلى أفراد المجموعة؛ ليشارك كل طالب في الإجابة، ثم مناقشة الإجابات من قِبَل المجموعة والاتفاق عليها. وبعد انتهاء الوقت المحدد (15 min) أطلب منهم التوقف، ثم تعرض كلُّ مجموعة إجاباتها، وأناقشها للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية :

– ماذا يحدث عند وضع كمية من الماء في وعاء مفتوح؟

– ماذا يحدث عندما يكون الوعاء مغلقا؟

أوضّح للطلبة أنّ السائل يبدأ بالتبخر، حيث تتبخر الجزيئات التي تمتلك طاقة كافية للتبخر عند درجة حرارة معينة، وبمعدل ثابت، ونتيجة زيادة عدد جزيئات البخار؛ يزداد تصادمها مع بعضها بعضا ومع سطح السائل وجدار الإناء، وينتج عن ذلك أن تفقد بعض الجزيئات طاقة؛ فتتحول إلى الحالة السائلة، ويستمر ذلك إلى أن يصبح عدد الجزيئات المتبخرة مساويا لعدد الجزيئات المتكاثفة وعندها يكون معدل سرعة التبخر مساويا لمعدل سرعة التكاثف وتسمى هذه الحالة الاتزان الديناميكي بين السائل وبخاره.

◄ استخدام الصور والأشكال:

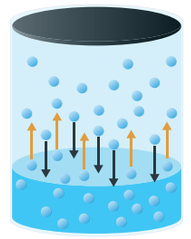
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (16)؛ لاستنتاج العلاقة بين معدل سرعة التبخر ومعدل سرعة التكاثف عند الاتّزان.
- أطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

– ماذا ينتج عن تصادم جزيئات بخار السائل مع سطح السائل داخل الإناء؟ **إجابة محتملة:** ينتج عن ذلك ضغط لبخار السائل على سطحه.

– عندما تكون سرعة التبخر مساوية لسرعة التكاثف هل يتغير عدد جزيئات بخار السائل؟ وهل يتغير ضغطها؟ **إجابات محتملة:** لا يتغير عدد الجزيئات بخار السائل، ولا يتغير ضغط بخار السائل.

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى مفهوم الضغط البخاري للسائل، وهو الضغط الناتج عن جزيئات بخار السائل والمؤثر على سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة. وأوضّح للطلبة أنّ العوامل المؤثرة في الضغط البخاري هي درجة الحرارة وقوى التجاذب بين جزيئات السائل.
- أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، وأوجّههم إلى دراسة الشكل (17)، مستخدما **إستراتيجية التفكير الناقد**، وأحث الطلبة على تحليل الشكل، ثم الإجابة عن الأسئلة الآتية:

– ما التغير الذي يحدث للضغط البخاري بزيادة درجة الحرارة؟



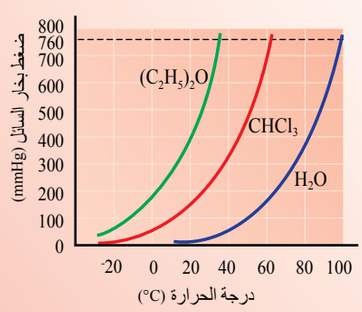
الشكلُ (16): الاتزانُ الديناميكيُّ بين السائل وبخاره.

الضغطُ البخاريّ Vapor Pressure

عند وضع سائل في وعاء مكشوف فإنه يستمرُّ بالتبخُّر، ولكنْ ماذا لو كان الوعاءُ مغلقًا؟

عند وضع السائل في وعاء مغلق فإنّه يبدأ بالتبخُّر بحيث تفلتُ من سطحه الجُزيئاتُ ذاتُ الطاقة الحركيّة العالية. وتحدثُ عمليّةُ التبخُّر بمعدّل ثابت عند درجة حرارة معيّنة، وبمرور الوقت يزدادُ عددُ جُزيئات بخار السائل داخلَ الوعاء ويزدادُ تصادمُها معَ بعضها ومعَ جدار الوعاء وسطح السائل، وتفقدُ نتيجةَ ذلك بعضُ الجُزيئات جزءًا من طاقتها الحركيّة خلالَ تلك التصادمات فتتكاثف، وبمرور الوقت يزدادُ عددُ الجُزيئات المتكاثفة حتى يصبح مساويًا لعدد الجُزيئات المتبخّرة خلالَ وحدة الزمن؛ أي أنّ معدّل سرعة التبخُّر يساوي معدّل سرعة التكاثف، كما يوضِّحُ الشكل (16)، وَيُوصَفُ هذا الوضعُ بأنه حالةُ اتّزان ديناميكيّ بين السائل وبخاره، يثبتُ عندها ضغطُ بخار السائل، وَيُسَمّى الضغطُ الناجمُ عن جُزيئات بخار السائل والمؤثّرُ في سطحه عند الاتّزان عند درجة حرارة معيّنة **الضغطَ البخاريّ Vapor Pressure** للسائل.

يتأثّرُ الضغطُ البخاريّ للسائل بدرجة الحرارة وقوى التجاذب بين جزيئاته، ويبيِّنُ الشكل (17) تغيُّرَ الضغط البخاريّ لثلاثة سوائل: ثنائي إيثل إيثر $(C_2H_5)_2O$، وثلاثي كلورو ميثان $CHCl_3$، والماء H_2O ، مع زيادة درجة الحرارة. أُلاحِظُ أنه كلّما ازدادت درجة الحرارة ازدادَ الضغطُ البخاريُّ للسائل.



الشكلُ (17): أثرُ درجة الحرارة في الضغط البخاريّ لعدد منَ السوائل.

– ما العلاقة بين الضغط البخاري للسائل ودرجة الحرارة؟

– هل يدل الشكل على وجود عامل آخر يؤثر في الضغط البخاري للسائل؟

- أوجّه أفراد كل مجموعة إلى مناقشة إجاباتهم في ما بينهم، ثم أطلب إلى أفراد كل مجموعة عرض نتائجهم أمام أفراد المجموعات الأُخرى، ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات ويزداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر فتزداد سرعة التبخر وعدد الجزيئات المتبخرة فيزداد ضغطها البخاري، ويوضح الشكل أن كل سائل له ضغط بخاري خاصّ به عند درجة الحرارة نفسها؛ مما يشير إلى وجود عامل آخر يؤثر في الضغط البخاري للسائل وهو قوى التجاذب بين جزيئات السائل.

الجدول (2): أثرُ قوى التجاذب بين جُزيئات السائل في ضغطه البخاريّ.

المادّة		الضغط البخاريّ (mmHg) عند 20 °C	نوع قوى التجاذب بين جُزيئات السائل
الماء	H_2O	20	روابط هيدروجينية
ثلاثي كلورو ميثان	$CHCl_3$	150	ثنائية القطب
ثنائي إيثل إيثر	$(C_2H_5)_2O$	400	ثنائية القطب

ولمعرفة أثر قوى التجاذب بين جُزيئات السائل في ضغطه البخاريّ، أُلاحِظُ قِيَمَ الضغط البخاريّ للسوائل الثلاثة عند درجة الحرارة نفسِها ونوعَ قوى التجاذب بين جُزيئات كلّ سائل. أنظرُ الجدول (2).

أُلاحِظُ أنه كلّما كانت قوى التجاذب بين جُزيئات السائل أقوى قلَّ ضغطُهُ البخاريّ، فالضغطُ البخاريّ للماء ذي الروابط الهيدروجينيّة الأقوى هو الأقلّ، بينما الضغطُ البخاريّ لثنائي إيثل إيثر الذي تترابطُ جُزيئاتُهُ بقوى تجاذب ثنائيّة القطب الأضعف هو الأعلى.

أي أنّه كلّما ازدادت قوى التجاذب بين جُزيئات السائل قلَّ ضغطُهُ البخاريّ عند درجة حرارة معيّنة.

أفكّر: أُرَتِّبُ السوائلَ الآتيةَ حَسَبَ تزايد ضغطها البخاريّ عند درجة الحرارة نفسِها:
CH_3CH_3 , CH_3OH , CH_3F

أتحقَّقُ:

1- أُفَسِّرُ تزايدَ الضغط البخاريّ للسائل بزيادة درجة حرارته.

2- مستعينًا بالشكل (17)، أُحَدِّدُ الضغطَ البخاريَّ لكلٍّ من ثلاثي كلوروميثان والماء عند درجة حرارة 50 °C، وأُقارنُها بقيمة ضغطه البخاريّ الواردة في الجدول (2). ماذا أستنتج؟

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (مفهوم الضغط البخاري والعوامل المؤثرة فيه). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، او استخدام احد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

أفكّرُ

$CH_3CH_3 > CH_3F > CH_3OH$

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2) وأناقشه معهم:

– ما السائل الذي له أعلى ضغط بخاري، وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟ ثنائي إيثيل إيثر، ثنائية القطب.

– ما السائل الذي له أقل ضغط بخاري وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟ الماء، روابط هيدروجينية.

– ما العلاقة بين الضغط البخاري للسائل وقوى التجاذب بين جزيئاته؟

أوضّح للطلبة أنّه كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى؛ كان الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر أكبر، وكان عدد الجزيئات التي تمتلك هذه الطاقة أقل، وسرعة التبخر أقل، وعدد الجزيئات المتبخرة والمؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل أقل، وبالتالي الضغط البخاري أقل عند درجة حرارة معينة.

أتحقَّق:

1- يزداد الضغط البخاري بزيادة درجة الحرارة، وذلك لزيادة عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر؛ فتزداد سرعة التبخر ويزداد عدد الجزيئات المتبخرة المؤثرة على وحدة المساحة من سطح السائل، فيزداد الضغط البخاري له.

2- الضغط البخاري عند 50 °C

$500\ mmHg = CHCl_3$

$100\ mmHg = H_2O$

عند مقارنة الضغط البخاري لكلا المادتين عند 50 °C و 20 °C أألاحظ أنه كلما زادت درجة الحرارة زاد الضغط البخاري للسائل.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** التفكير: التأمُّل والتساؤل**

يعد التأمل والتساؤل من مهارات التفكير التي تؤدي لإنتاج المعرفة، فالتأمل في الظواهر المختلفة وطرح التساؤلات حولها وإجراء التجارب ورصد الملاحظات والبحث عن تفسيرات واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة المرتبطة بها يؤدي لانتاج معرفة جديدة.

المناقشة:

- أطرح الأسئلة الآتية على الطلبة:

– ما الفرق بين التبخر والغليان؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن التبخر يحدث من سطح السائل وعلى جميع درجات الحرارة حيث تتبخر الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية الكافية للتغلب على قوى الترابط بين الجزيئات، أما الغليان فيحدث نتيجة تسخين السائل فتزداد الطاقة الحركية لجزيئاته وعندما تصبح طاقة الجزيئات في جميع أجزاء السائل كافية للتبخر يحدث الغليان وتسمى درجة الحرارة عندها درجة الغليان.

– ماذا يحدث للضغط البخاري للسائل مع استمرار عملية التبخر؟ وهل للضغط البخاري علاقة بالغليان؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن الضغط البخاري يزداد بزيادة درجة الحرارة، وعندما يصبح الضغط البخاري للسائل مساويا للضغط الواقع عليه (ضغط الهواء) يغلي السائل.

أبين للطلبة أن يمكن التحكم بدرجة غليان السائل بالتحكم بالضغط الواقع عليه، فيمكن تخفيض الضغط من خلال تفريغ الهواء، وإذا كان الضغط المؤثر على سطح السائل يساوي 1atm, 760mmHg تسمى درجة الغليان العادية.

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (3) وأناقشهم فيه للتوصل إلى أنه يمكن للماء أن يغلي مثلا عند 40 °C عندما يكون ضغطه البخاري 55.3 mmHg ويكون مساويا للضغط الواقع عليه.

أتحقَّق:

– درجة غليان الماء 80 °C

– درجة الغليان العادية لكلٍّ من: ثلاثي كلوروميثان ← 61.3 °C

ثنائي إيثيل إيثر ← 34.6°C

أفكّر درجة الغليان العادية لـ HF أعلى لأن قوى التجاذب بين جزيئاته أقوى.

الجدول (3): الضغطُ البخاريّ للماء عند درجات حرارة مختلفة.

درجة الحرارة (°C)	الضغط البخاريّ (mmHg)
20	17.5
40	55.3
60	149.4
80	355
100	760.0

أفكّر أُحَدِّدُ أيَّ السائلين NH_3 أم HF له أعلى درجة غليان.

درجةُ الغليان Boiling Point

عند تسخين السائل تزدادُ الطاقةُ الحركيّة لِجُزيئاته ويزدادُ عددُ الجُزيئات التي تمتلك طاقةً كافية للتبخُّر فتزدادُ سرعةُ تبخُّره، وعندما تصبحُ الطاقةُ التي تمتلكُها الجُزيئاتُ في جميع أجزاء السائل كافيةً لتبخُّره يبدأُ السائلُ بالغليان، وتتكوّنُ فقاعاتٌ كثيرة في جميع أجزائه وترتفعُ إلى سطحه وتغادرُه؛ أي تنتقلُ إلى الحالة الغازيّة، عند ذلك يكونُ ضغطُهُ البخاريُّ مساويًا للضغط الواقع عليه؛ لأنّه لو كان أقلَّ منه لانفجرتِ الفقاعاتُ قبل وصولها إلى السطح، وتُسَمّى درجةُ الحرارة عند ذلك **درجةَ غليان السائل Boiling Point**. ويمكنُ جعلُ السائل يغلي عند أيّ درجة حرارة، وذلك من خلال التحكّم في الضغط المؤثِّر في سطحه.

يوضِّحُ الجدول (3) الضغطَ البخاريَّ للماء عند درجات حرارة مختلفة.

أمّا درجةُ الحرارة التي يصبح عندها الضغطُ البخاريّ للسائل مساويًا للضغط الجويّ (1atm, 760 mmHg)، فَتُسَمّى **درجةَ الغليان العاديّة Normal Boiling Point**، وتعتمدُ درجةُ غليان السائل على قوى التجاذب بين جُزيئاته وتزدادُ بزيادتها.

أتحقَّقُ:

– أُحَدِّدُ، اعتمادًا على الجدول (3)، درجةَ غليان الماء عندما يبلغُ ضغطُهُ البخاريّ 355 mmHg

– اعتمادًا على الشكل (17)، أُحَدِّدُ درجةَ الغليان العاديّة لثلاثي كلورو ميثان وثنائي إيثل إيثر.

الربطُ بالحياة أواني الضغط

تُستخدمُ أواني الضغط للعمل على إنضاج الطعام بسرعة؛ وذلك لأنّ ارتفاع ضغط البخار داخلَها يؤدّي إلى رفع درجة غليان الماء إلى نحو 120 °C. وحتى لا يحدث انفجارٌ بسبب زيادة الضغط، يوجد صمّامٌ يسمح بخروج بعض البخار؛ ما يُقَلِّلُ الضغطَ داخلَها.

الربطُ بالحياة

- أوجه الطلبة إلى قراءة بند الربط بالحياة، ثم أسألهم لماذا ينضج الطعام في أواني الضغط بسرعة؟ وهل الضغط البخاري داخلها يساوي الضغط الجوي؟ أناقشهم ثم أبين لهم أن الضغط داخلها أعلى من الضغط الجوي، وأوجههم إلى ضرورة التعامل بحرص وحذر مع أواني الضغط.

ورقة العمل (3)

أوزّع الطلبة في مجموعات ثنائية، ثم أزودهم بورقة العمل (3) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ فُرادى أولا ثم مناقشة الحلّ على شكل ثنائيات، وأمنحهم وقتًا كافيًا، أوجّه عددا من المجموعات لعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

التجربة 3

قابلية السوائل للانتشار

الهدف: أستقصي قابلية السوائل للانتشار وتأثرها بدرجة الحرارة.

زمن التنفيذ: 15 min

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجّه الطلبة إلى التعامل بحذر مع الماء الساخن.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأناقشهم لوصف سرعة انتشار الحبر في الماء الساخن والبارد.

النتائج المتوقعة ينتشر الحبر في الماء الساخن أسرع من انتشاره في الماء البارد.

التحليل والاستنتاج:

1. الكأس الذي يحتوي ماء ساخن.
2. لأن جزيئات السائل (الماء والحبر) في حركة مستمرة وعشوائية وتتصادم مع بعضها بعضا؛ مما يتسبب في انتشارها.
3. وذلك لأن زيادة درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية للجزيئات؛ فتزداد سرعتها، ويزداد عدد تصادماتها؛ فتزداد سرعة انتشارها.

التجربةُ 3

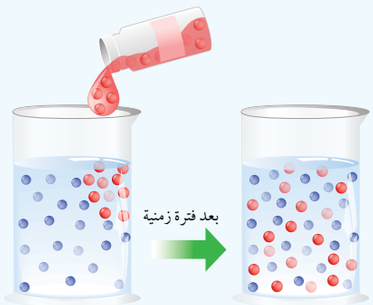
قابليّةُ السوائل للانتشار

الموادُّ والأدوات:

كأس زجاجيّة سَعة 500 mL (عدد 2)، حبر سائل، مصدر حرارة، ميزان حرارة، ساعة وقف (عدد 2)، قطّارة.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ والكمامة.



خطواتُ العمل:

1- أضعُ 250 mL منَ الماء في كلٍّ منَ الكأسين.

2- أُسخّنُ إحدى الكأسين حتى تصبح درجةُ حرارة الماء فيها 60 °C، ثمّ أُبعدُها عن مصدر الحرارة.

3- أستخدمُ القطّارةَ لوضع نقطة حبر في كلّ كأس.

4- **أقيسُ** زمنَ انتشار الحبر في كلا الكأسين باستخدام ساعة الوقف.

5- **أُلاحِظُ** الفرقَ بين سرعة انتشار الحبر في كلا الكأسين.

التحليلُ والاستنتاج:

1- أيُّ الكأسين كان انتشارُ الحبر فيها أسرع؟

2- **أُفَسِّرُ** انتشارَ الحبر في الماء في كلا الكأسين.

3- **أُفَسِّرُ** اختلافَ سرعة انتشار الحبر باختلاف درجة الحرارة.

87

تقويم تجربة: قابلية السوائل للانتشار

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

الرقم	معيار الأداء	3	2	1
1	قياس الزمن باستخدام ساعة الوقف بدقة			
2	تدوين النتائج بصورة منظمة.			
3	التوصل إلى استنتاجات صحيحة اعتمادًا على النتائج			

التجربة 4

العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

الهدف: أستقصي العوامل المؤثرة في سرعة التبخر.

زمن التنفيذ: 15 min.

المهارات العلمية: القياس، الملاحظة، الاستنتاج، التفسير.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإرشادات السلامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أحذر الطلبة من استنشاق المواد العضوية، والتعامل معها بحذر وإبعادها عن اللهب فهي مواد سريعة الاشتعال.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- أذكّر الطلبة أن حجم السائل يأخذ عند أسفل التقعُّر الذي يبدو على سطحه.
- أتجوّل بين الطلبة موجّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا. وأناقشهم للتوصل إلى العوامل المؤثرة في سرعة التبخر.

النتائج المتوقعة: تزداد سرعة التبخر بزيادة درجة الحرارة.
تختلف السوائل في سرعة تبخرها.

التحليل والاستنتاج:

1. تثائي إيثيل إيثر > الأسيتون > كحول الإيثانول
2. ثنائي إيثل إيثر (ثنائية القطب)، الأسيتون (ثنائية القطب)، كحول الإيثانول (رابطة هيدروجينية).
3. كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أقوى، كان عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتغلب على هذه القوى أقلّ؛ فتكون سرعة التبخر السائل أقلّ عند درجة حرارة معينة.
4. كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات السائل أضعف كان السائل أسرع تبخرا والعكس صحيح.
5. كلما زادت درجة الحرارة زادت الطاقة الحركية للجزيئات، وازداد عدد الجزيئات التي تمتلك الحد الأدنى من الطاقة اللازمة للتبخر؛ فتزداد سرعة التبخر.

تقويم تجربة: العوامل المؤثرة في سرعة التبخر

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	قياس حجوم السوائل بدقة		
2	قياس الزمن باستخدام ساعة الوقف بدقة		
3	تدوين النتائج بصورة منظمة.		
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة اعتمادًا على النتائج		

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** الأمن والسلامة:**

أرشد الطلبة إلى ضرورة اتّباع إجراءات الأمن والسلامة في أثناء تنفيذ التجارب العملية في المختبر؛ للحفاظ على سلامتهم وسلامة الآخرين. وأوجههم إلى ضرورة التعامل مع المواد الكيميائية العضوية بحذر وابعادها عن مصدر اللهب فهي سريعة الاشتعال.

التجربة 4

العواملُ المؤثّرة في سرعة التبخُّر

الموادُّ والأدوات:

أسيتون، كحول الإيثانول، ثنائي إيثل إيثر، مِخبار مدرّج (10 mL) عدد (3)، أنبوب اختبار عدد (6) وأُرَقِّمُها، كأس زجاجيّة سَعة (200 mL) ، (100 mL) ماء ساخن درجة حرارته 40 °C، حامل أنابيب اختبار.

إرشاداتُ السلامة:

- أتبعُ إرشاداتِ السلامة العامّة في المختبر.
- أرتدي معطفَ المختبرِ والنظاراتِ الواقيةَ والقفازاتِ والكمامة.
- أحذرُ منَ استنشاق الموادّ العضويّة على نحوٍ مباشر.

خطواتُ العمل:

1- **أقيسُ** (10 mL) منَ الأسيتون باستخدام المِخبار المدرّج وأضعُها في أنبوب الاختبار رقم (1)، وكذلك الحال في أنبوب الاختبار رقم (2)، وأكرّرُ ذلك بالنسبة إلى كحول الإيثانول (أنبوبي الاختبار 3، 4) وثنائي إيثل إيثر (أنبوبي الاختبار 5، 6).

2- أضعُ أنابيبَ الاختبار 1، 3، 5 في حامل الأنابيب قريبًا منَ النافذة، وأتركُها لمدّة (10 min).

3- أضعُ أنابيبَ الاختبار 2، 4، 6 في الكأس الزجاجيّة المحتوية على الماء الساخن بدرجة 40°C، وأتركُها لمدّة (5 min).

4- **أقيسُ** كميّةَ السائل المتبقيةَ في كلّ أنبوبِ اختبار باستخدام المِخبار المدرّج، ثمّ أُسجّلُها.

5- **أُنظّمُ البيانات:** أُسجّلُ الكميّاتِ المتبقيّةَ من كلّ سائل في الجدول.

اسم السائل						
رقم الأنبوب	1	2	3	4	5	6
كمية السائل						

6- **أقارنُ** الكميّةَ المتبقيّةَ منَ السائل نفسِه في الحالتين.

التحليلُ والاستنتاج:

1- أُرَتِّبُ السوائلَ الثلاثة حَسَبَ سرعة تبخُّرها.

2- أُحَدِّدُ نوعَ قوى التجاذب بين جُزيئات كلّ سائل.

3- **أُفَسِّرُ** اختلافَ السوائل الثلاثة في سرعة تبخُّرها اعتمادًا على قوى التجاذب بين جُزيئاتها.

4- **أستنتجُ** العلاقةَ بين نوع قوى التجاذب بين جُزيئات السائل وسرعة تبخُّره.

5- **أستنتجُ** العلاقةَ بين درجة الحرارة وسرعة تبخُّر السائل.

88

مراجعة الدرس

1 لأن جزيئات السائل في حركة مستمرة وعشوائية، وتترابط في ما بينها بقوى تجاذب تجعلها متقاربة، لذلك؛ فهي ذات حجم ثابت، ولأن قوى التجاذب ضعيفة نسبيا فهي غير كافية لإبقاء الجزيئات في أماكن محددة وثابتة، فالسوائل لها القدرة على الجريان؛ فتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه.

2 **الضغط البخاري**: الضغط الناجم عن جزيئات بخار السائل والمؤثر في سطحه عند الاتزان عند درجة حرارة معينة.

درجة الغليان العادية: درجة الحرارة التي يصبح عندها ضغط بخار السائل مساويا للضغط الجوي (1atm, 760 mmHg).

3 يغلي السائل عندما يصبح ضغطه البخاري مساويا للضغط الجوي، ولأن الضغط الجوي في منطقة الأغوار يزيد عن (1 atm،760 mmHg) بسبب انخفاضها عن مستوى سطح البحر، ترتفع درجة حرارة الماء أكثر من 100 °C حتى يصبح ضغطه البخاري مساويا للضغط الجوي في الأغوار.

4 سرعة تبخره = سرعة تكاثف بخاره

5 أ – B

ب – A

جـ – B

مراجعة الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسةُ: أُفَسِّرُ**: يأخذُ السائلُ شكلَ الإناء الذي يوضعُ فيه، ولكنّ حجمَهُ يظلُّ ثابتًا.

2 - أوضِّحُ المقصود بكل ممّا يأتي:

- الضغط البخاريّ.
- درجة الغليان العاديّة.

3 - **أُفَسِّرُ**: يغلي الماءُ في الأغوار على درجة حرارة أكثرَ قليلًا من 100 °C.

4 - أصِفُ: سائلٌ في وعاء مغلق ضغطُهُ البخاريّ ثابت، ما العلاقةُ بين سرعة تبخُّره وسرعة تكاثف بخاره؟

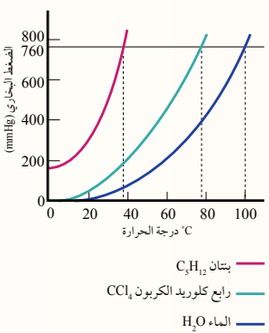
5 - **أستنتجُ**: يتبخَّر المركّبُ A بسرعة أكبرَ من سرعة تبخُّر المركّب B عند 25 °C:

أ – أيُّ المركّبين قوى التجاذب بين جُزيئاته أكبر؟

ب – أيُّ المركّبين له ضغطٌ بخاريٌّ أعلى عند 25 °C؟

جـ – أيُّ المركّبين درجةُ غليانه العادية أكبر؟

6 - يمثِّلُ المنحنى المجاورُ تغيُّرَ الضغط البخاريّ (mmHg) لثلاثة سوائل معَ درجة الحرارة °C.
أجيبُ عمّا يأتي:



أ – أُحَدِّدُ الضغطَ البخاريَّ لرابع كلوريد الكربون عند 60 °C.

ب – أُحَدِّدُ درجةَ الغليان العاديّة للبنتان.

جـ – أُرَتِّبُ السوائلَ الثلاثة حَسَبَ سرعة تبخُّرها.

د – بفرض أنّ الضغطَ الجويَّ على قمّة أحد الجبال يساوي 500 mmHg، أُحَدِّدُ درجةَ غليان الماء عند هذا الارتفاع.

هـ – **أستنتجُ** اسمَ السائل الذي له أقلُّ طاقةِ تكاثف موليّة.

6 أ – 450 mmHg

ب – 36.1 °C

جـ – بنتان (C_5H_{12}) > رابع كلوريد الكربون CCl_4 > الماء H_2O

د – 87 °C

هـ – بنتان

الدرس 3

الحالة الصُلبة
Solid State

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الفكرة الرئيسة، ثم أمهّد للدرس بالحديث عن خصائص عامة للمواد الصُّلبة مثل ثبات الحجم وثبات الشكل، ثم أسألهم عن بعض المواد الصُلبة التي درسوها وأنواع الروابط بين ذراتها.

الربط بالمعرفة السابقة:

- أكتب على اللوح كلمة (صُلب)، ثم أنظّم **جلسة عصف ذهنيّ**، بحيث يذكر الطلبة كل الكلمات والأفكار المرتبطة بها، وأُكلّف أحد الطلبة بكتابتها على اللوح، وأناقشها معهم لمحاولة الربط بينها.

من الكلمات والأفكار التي قد يذكرها الطلبة؛ حجم ثابت، وجسيمات متقاربة/ مرتبة، وشكل ثابت، وبلّوْرات، وانصهار، وغيرها.

2 التدريس

المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

- كيف فسرت نظرية الحركة الجزيئية خصائص المواد الصُلبة؟

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أنه جرى تفسير خصائص المواد الصُّلبة اعتمادًا على أن الطاقة الحركية للجسيمات المكوّنة لها منخفضة، و قوى التجاذب أو الروابط بينها قوية، لذلك؛ فإن جسيمات المادة الصُلبة متقاربة جدا أو متراصة ومرتبة في أماكن محددة لا تغادرها، وهي ذات كثافة عالية وغير قابلة للانضغاط أو الجريان فشكلها وحجمها ثابتين.

الفكرةُ الرئيسة:

تقسمُ الموادُّ الصُّلبة إلى نوعين رئيسين؛ موادّ صُلبة بلوريّة وموادّ صُلبة غير بلوريّة، وَتُصَنَّفُ الموادُّ الصُّلبة البلوريّة إلى أربعة أنواع رئيسة بحسب خصائصها الفيزيائية.

نتاجاتُ التعلُّم:

- أتعرف خصائصِ المادّة في الحالة الصُّلبة.
- أصنف الموادّ الصُّلبة البلوريّة إلى أنواعها الرئيسة، وأميز بين صفاتها.

المفاهيمُ والمصطلحات:

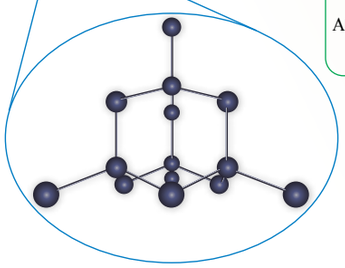
صُلبة بلوريّة	Crystalline Solid
صُلبة غيرُ بلوريّة	Amorphous Solid
صُلبة جزيئيّة	Molecular Solid
صُلبة شبكيّة تساهميّة	Covalent Network Solid
ظاهرةُ التآصُل	Allotropy

خصائصُ عامّة للمواد الصُّلبة
General Properties of Solids

تتّسمُ جُسيماتُ المادّة في الحالة الصُّلبة (ذرّات، جُزيئات، أيونات) بأنّها متقاربةٌ جدًّا وأنّ قوى التجاذب بينها كبيرة؛ لذلك تترتَّبُ في أماكنَ محدّدةٍ لا تغادرُها وتتحرّك في أماكنها حركةً اهتزازيّة. والمادّةُ الصُّلبة كثافتها عالية، وغيرُ قابلة للانضغاط أو الجريان؛ ما يعني أنها ذاتُ شكل وحجم ثابتين. وعند تسخين المادّة الصُّلبة تهتزُّ جُسيماتُها على نحوٍ أسرع، ومعَ زيادة طاقتها الحركية يضعف التجاذب بينها فتتحوّل المادة إلى الحالة السائلة، وتسمى درجةُ الحرارة التي تتحوّلُ عندها المادّةُ منَ الحالة الصُّلبة إلى الحالة السائلة درجةَ الانصهار Melting Point.

تترتّبُ جُسيماتُ الموادّ الصُّلبة بطريقتين؛ فَتُكَوِّنُ في الأولى أشكالًا هندسيّة منتظمة، وَتُسَمّى في هذه الحالة مادة **صُلبة بلوريّة Crystalline Solid**، أنظرُ الشكل (18)، ومثالٌ عليها الذهب، والماس، وكلوريد الصوديوم.

بلورة الماس

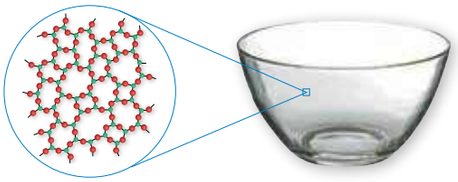


الشكلُ (18): مادّةٌ صُلبة بلوريّة.

تعزيز:

أكلّف الطلبة بالعودة إلى لوحة «نظرية الحركة الجزيئية وخصائص المادة» وإدخال المعلومات الخاصة بالحالة الصُّلبة

حالة المادة	الطاقة الحركية للجسيمات	قوى التجاذب بين الجسيمات	تأثيرها على الخصائص
الحالة الصلبة	منخفضة	كبيرة	قوية تجعل الحجم والشكل ثابتين



الشكلُ (19): مادّةٌ صُلبةٌ غيرُ بلوريّة.

وتترتَّبُ في الثانية عشوائيًّا (ليس لها شكلٌ هندسيّ منتظم)، وَتُسمّى مادّةً **صُلبة غيرَ بلوريّة Amorphous Solid**، كما في الشكل (19)، ومثالٌ عليها البلاستيك، والزجاج، والأسفلت.

سأتعرَّفُ في هذا الدرس نوعَ الجُسيمات المكوِّنة للموادّ الصُّلبة البلوريّة ونوعَ الروابط أو قوى الترابط بينها وخصائصَها الفيزيائيّة.

الموادُّ الصُّلبة البلوريّة Crystalline Solids

تتكوّنُ الموادُّ الصُّلبة البلوريّة من جُسيمات، إمّا أن تكون ذرّاتٍ أو جُزيئاتٍ أو أيونات، وقد صُنِّفَتِ الموادُّ الصُّلبة البلورية بناءً على نوع الروابط أو قوى التجاذب بينها إلى أربعة أنواع، والجدولُ (4) يوضِّحُ نوعَ المادة، ونوعَ الجُسيمات المكوّنة لها، ونوعَ الروابط بينها، معَ أمثلة عليها.

✓ **أتحقَّقُ**: ما الفرقُ بين الموادّ الصُّلبة البلوريّة وغيرِ البلوريّة؟

الجدول (4): أنواعُ الموادّ الصُّلبة البلوريّة.

نوعُ المادّة الصُّلبة	نوعُ الجُسيمات	الروابطُ أو قوى الترابط	أمثلةٌ على كلّ نوع
صُلبة جزيئيّة	جُزيئات وذرّات الغازات النبيلة	قوى لندن، قوى ثنائيّة القطب، روابط هيدروجينيّة	$Ne_{(s)}$, $CHCl_3$, I_2 , $H_2O_{(s)}$
صُلبة أيونيّة	أيونات	رابطة أيونيّة	LiF , CsCl , $CuBr_2$
صُلبة شبكيّة تساهميّة	ذرّات	رابطة تساهميّة	الماس C , SiC , Si , SiO_2
صُلبة فِلزيّة	ذرّات	رابطة فِلزيّة	Al , Na

✓ **أتحقَّقُ**: تترتب جسيمات المادة الصُلبة البلَّوْرية، بحيث تكوّن أشكالا هندسية منتظمة، أما المادة الصُّلبة غير البلَّوْرية فيكون ترتيب الجُسيمات فيها عشوائيا؛ أي ليس له شكل هندسي منتظم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أطرح السؤال الآتي: ما أنواع المواد الصُلبة؟ (بلورية وغير بلورية).
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (18,19)، ثم مناقشتهم؛ للتوصل إلى أن المواد الصُلبة تقسم إلى نوعين بلَّوْرية؛ أي ذات أشكال هندسية منتظمة، وغير بلَّوْرية؛ أي ليس لها أشكال هندسية منتظمة. ثم أبيّن للطلبة إلى أنه ستجري دراسة المواد الصُلبة البلَّوْرية فقط.

◄ قراءة الجداول:

- أطرح السؤالين الآتيين:
  - ما أنواع المواد الصُلبة البلَّوْرية؟
  - ما الأساس الذي صنفت بناء عليه؟
- أوجّه الطلبة إلى دراسة الجدول (4)، ثم مناقشتهم للتوصل إلى أن المواد الصُلبة البلَّوْرية أربعة أنواع على أساس نوع الروابط أو قوى الترابط بين الجُسيمات المكوّنة لها، وهي صُلبة جزيئية مكونة من جزيئات (وذرات الغازات النبيلة فقط) تترابط بروابط هيدروجينية أو ثنائية القطب أو قوى لندن، وصُلبة أيونية مكونة من أيونات وتترابط بروابط أيونية، وصُلبة فلزّية مكونة من ذرات الفلزات وروابطها فلزّية، وصُلبة شبكية تساهمية مكونة من ذرات تترابط في ما بينها بروابط تساهمية.

◄ المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات وأُخبرهم أنّهم سيعملون وفق **إستراتيجية الطلاقة اللفظية**، وأنّه يُمكِن لأفراد كل مجموعة تبادل الأدوار بالإجابة عن الأسئلة المعروضة، والاستماع إلى بعضهم بعضا مدّة 5 دقائق، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما نوع الجُسيمات المكوّنة للمادة الصُلبة الجزيئية؟

تتكون المواد الصُلبة الجزيئية من جزيئات باستثناء الغازات النبيلة في الحالة الصُلبة فمن ذرات.

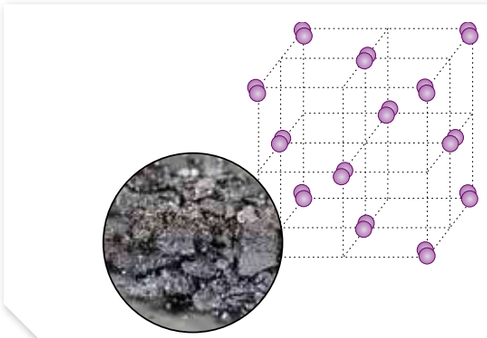
– ما الخصائص العامة المشتركة للمواد الصُلبة الجزيئية؟ وما تفسيرها؟

هشة، وبشكل عامّ؛ درجة انصهارها منخفضة مع تفاوتها في ذلك، وذلك لأن قوى التجاذب بين جزيئاتها ضعيفة، فهي؛ إمّا قوى لندن، أو ثنائية القطب، أو روابط هيدروجينية، وغير موصلة للتيار الكهربائي في حالة الصلابة وعند صهرها؛ لأنها تتكون من جزيئات متعادلة الشحنة.

- أتابع عمل المجموعات وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (20, 21) والمقارنة بين بلّوْرة اليود وبلّوْرة الجليد، وملاحظة اختلاف طريقة ترتيب الجزيئات في البلّوْرة وأن لكلٍّ منها شكلا هندسيا منتظما.

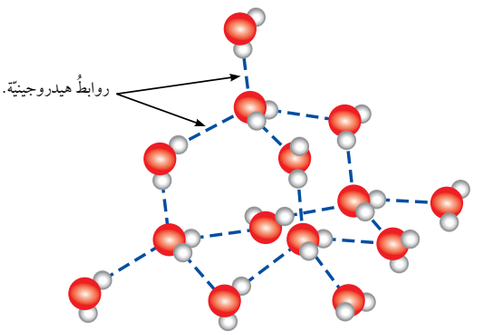


الشكلُ (20): بلّورةُ اليود.

المواد الصُلبة الجُزيئيّة Molecular Solids

الجُسيماتُ المكوّنة للموادّ **الصُّلبة الجُزيئيّة Molecular Solids** هي ذرّاتٌ أو جزيئاتٌ تترابطُ معَ بعضها بقوى تجاذب ضعيفة نسبيًّا؛ لذلك فإنّها تشتركُ في صفات عدّة، منها أنها موادُّ هشّةٌ ذاتُ درجات انصهار منخفضة، كما أنها غيرُ موصلة للتيار الكهرّبائيّ؛ ويرجع ذلك إلى أنّ الجُزيئاتِ المكوّنةَ لها متعادلةُ الشحنة ترتبطُ معَ بعضها بقوى تجاذب ضعيفة؛ فمثلًا، بلّورة اليود تتكوّنُ من جُزيئات اليود I_2 المتعادلةِ التي تترابط بقوى لندن الضعيفة؛ لذلك فإنّ درجة انصهاره منخفضة، كما أنّ بلوراتِهِ هشّةٌ غيرُ موصلة للتيار الكهربائي. أنظرُ الشكل (20).

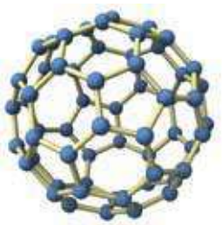
وينطبقُ ذلك على الجليد أيضًا، الذي تترابطُ جُزيئاتُهُ بروابطَ هيدروجينيّة؛ حيث يرتبطُ كلُّ جُزيء منَ الماء بأربعة جُزيئات أُخرى، ويكون كلُّ جُزيء في البلّورة مركزًا لرباعيّ الأوجه منتظم، كما في الشكل (21).



الشكلُ (21): بلّورةُ الجليد .

◄ تعزيز:

أبين للطلبة أن درجة الإنصهار ودرجة التجمد لها نفس القيمة للمادة نفسها.



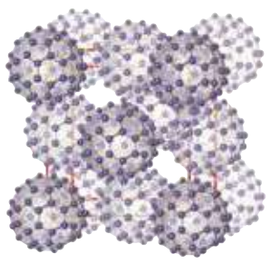
الشكلُ (22): جُزَيْءٌ واحدٌ من كُرات باكي C_{60}.

ويكوِّنُ الكربونُ مادةً صُلبة جُزيئيّة تُسَمّى بكمنسترفولرين Buckminsterfullerene أو كُرات باكي، اكتُشِفَت عام 1985، تتكوَّنُ من جُزيئاتٍ كرويّةِ الشكل مجوّفةٍ صيغتُها الجُزيئية C_{60}؛ إذ تترابطُ ذرّاتُ الكربون داخلَ الجزيء الواحد (الكرة الواحدة) بروابطَ تساهميّةٍ بحيثُ ترتبطُ كلُّ ذرّة كربون بثلاث ذرّات أُخرى مكوّنةً حلقاتٍ خماسيّةً وسداسيّةً مرتبطةً معَ بعضها بعضًا تشبهُ كرةَ القدم. أنظرُ الشكل (22).

وتترابطُ الجُزيئاتُ (الكُرات) معَ بعضها بقوى لندن الضعيفة، أنظرُ الشكل (23)، مكوّنةً بلّوراتٍ إبريّةَ الشكل سوداءَ اللّون تُسَمّى بكمنسترفولرين.

وتتميّزُ بلّوراتُ بكمنسترفولرين بأنّها غيرُ موصلة للتيار الكهرَبائيّ؛ لأنّها تتكوّنُ من جُزيئات متعادلة.

✓ **أتحقَّقُ**: ما نوع الروابط بين ذرات الكربون داخل الجزيء الواحد من بكمنسترفولرين؟ وما نوع قوى التجاذب بين جزيئاته؟



الشكلُ (23): بلّورةُ بكمنسترفولرين.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكلين(22, 23)، وأطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– ما الجُسيمات المكوّنة لمادة بكمنسترفولرين؟

– كيف تترتب الذرات في الجزيء الواحد؟

– ما نوع الروابط بينها؟

- أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن مادة بكمنسترفولرين مكوّنة من جزيئات صيغتها C_{60}؛ تترابط ذرات الكربون فيها بروابط تساهمية مشكّلة حلقات خماسية وسداسية مترابطة في ما بينها، بحيث تشبه الكرة، وتسمى كرات باكي؛ تترابط هذه الجزيئات (الكرات) في ما بينها بقوى لندن وتترتب هذه الكرات، بحيث تكون بلّوْرات إِبَريّة الشكل.

✓ **أتحقَّق**: نوع الروابط بين ذرات الكربون داخل الجزيء الواحد من C_{60} روابط تساهمية، أما قوى التجاذب بين الجزيئات المكوّنة لبكمنسترفولرين فهي قوى لندن.

معلومة إضافية

اسم بكمنسترفولرين جاء لتكريم ريتشارد بكمنستر فولر، وهو مصمم معماري أمريكي أسهم في تطوير استخدام ما يسمى القبة الجيوديسية التي تشبه كرات باكي عام 1967؛ أي قبل اكتشاف مادة بكمنسترفولرين.

- الصورة قُبّة لمتحف في كندا.

◄ المناقشة:

- أذكّر الطلبة عن طريق المناقشة بما درسوه عن الرابطة الأيونية والمركبات الأيونية وخصائصها، وأوضّح لهم أن هذه المركّبات توجد على شكل بلورات صُلبة مثل بلورة أكسيد الكالسيوم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوزّع الطلبة في ثلاث مجموعات وأستخدم **إستراتيجية التفكير الناقد**؛ لاثارة تفكير الطلبة لتفسير خصائص المواد الصُلبة الأيونية.
- أحثّ الطلبة في كل مجموعة إلى المشاركة جميعهم في الإجابة عن السؤال.
- أوجّه الطلبة في المجموعة الأولى إلى تأمّل الشكل (24)، واستخدامه لتفسير صلابة المركبات الأيونية وارتفاع درجة انصهارها.
- أوجّه الطلبة في المجموعة الثانية إلى دراسة الشكل (25)، واستخدامه لتفسير هشاشة المركبات الأيونية رغم صلابتها.
- أوجّه الطلبة في المجموعة الثالثة إلى دراسة الشكل (26)، واستخدامه لتفسير توصيل محاليل ومصاهير المركبات الأيونية للتيار الكهربائي.
- أتابع عمل المجموعات، وأقدم الدعم لهم، وأطلب إلى كل مجموعة تدوين النتائج التي توصلت إليها، ثم أُدير نقاشًا بين أفراد المجموعات، للتوصل إلى النتائج الصحيحة.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تعدّ طاقة الشبكة البلّوْرية مقياسا لقوة الرابطة الأيونية، وتعرف بأنها الطاقة الناتجة عن تكوّن مول واحد من بلورات المركب الأيوني من الأيونات المكونة له، وهي في الحالة الغازية.

فمثلا؛ طاقة الشبكة البلورية لـ MgO = (−3760 KJ/mol)، بينما طاقة الشبكة البلورية لـ LiCl = (−861.3 KJ/mol)؛ إذ تدل الإشارة السالبة أن الطاقة ناتجة، ويلاحظ أن الرابطة الأيونية في أكسيد المغنسيوم أقوى منها في كلوريد الليثيوم.

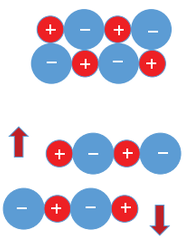
المواد الصُلبة الأيونيّة Ionic Solids

تتكوّنُ جُسيماتُ الموادّ الأيونيّة من أيونات موجبة وسالبة تتجاذبُ وتترابط برابطة أيونيّة، من الأمثلة عليها كلوريد البوتاسيوم KCl وأكسيد الكالسيوم CaO، ويوضّحُ الشكل (24) بلّورةَ أُكسيد الكالسيوم.

الشكلُ (24): بلّورةُ أُكسيد الكالسيوم.

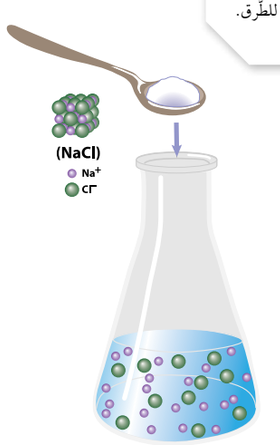
تُعَدُّ الرابطةُ الأيونيةُ رابطةً قويّة؛ لذلك فإنّ الموادَّ الصُّلبةَ الأيونيّة Ionic Solids شديدةُ الصّلابة ودرجات انصهارها مرتفعة؛ فمثلًا، درجةُ انصهار كلوريد البوتاسيوم 770 °C، ودرجةُ انصهار أُكسيد الكالسيوم 2572 °C، أمّا سبب ارتفاع درجة انصهار أُكسيد الكالسيوم مقارنةً بكلوريد البوتاسيوم فيرجعُ إلى أنّ شحنة كلٍّ من أيوني الكالسيوم والأكسجين (+2, -2)، وهي أكبرُ من شحنة كلٍّ من أيوني البوتاسيوم والكلور التي تساوي (+1, -1)؛ لذلك فإنّ قوّة التجاذب بين أيوني الكالسيوم والأكسجين أكبرُ والرابطةَ الأيونيّةَ بينهما أقوى.

ورغم شدّة صلابة الموادّ الأيونيّة فإنّها هشّة، وإذا تعرّضتِ البلّوراتُ للطَّرق فإنّ أيوناتِها تتحرّكُ (تنزلق) بالنسبة إلى بعضها بعضًا بحيثُ تتقاربُ الأيوناتُ المتشابهةُ في الشحنة فتتنافر، وهو ما يؤدّي إلى تحطّم البلّورة، كما يبيّنُ الشكل (25).



الشكلُ (25): تحطُّمُ بلّورة المادّة الأيونيّة نتيجة تعرّضها للطَّرق.

لا توصل الموادُّ الصُّلبة الأيونيّة التيارَ الكهرَبائيّ؛ لأنّ أيوناتِها مرتبطةٌ برابطة أيونيّة قويّة؛ أي أنّها غيرُ حُرّةِ الحركة، أمّا عند صهرها أو إذابتها في الماء فإنّ أيوناتِها تصبح حُرّةَ الحركة، كما يظهرُ في الشكل (26)؛ لذلك توصلُ محاليلُها ومصاهيرُها التيارَ الكهربائيّ.



الشكلُ (26): محلولُ NaCl ◄

✓ **أتحقَّق**: أُفَسِّرُ: درجةُ انصهار LiCl أقلُّ من درجة انصهار MgO.

طريقة أخرى للتدريس

نمذجة بلورة كلوريد الصوديوم

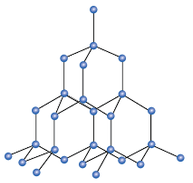
- أوزع الطلبة في ستّ مجموعات غير متجانسة، ثم أكلف ثلاث مجموعات ببناء بلورة لكلوريد الصوديوم باستخدام كرات ووصلات، بالاستعانة بصورة واضحة للبلّوْرة.
- وأكلف ثلاث مجموعات بتفحص عينات من ملح الطعام باستخدام عدسة مُكبّرة.
- أدمج المجموعات، بحيث تصبح ثلاثة؛ يتبادل الفريقين في كل مجموعة المعلومات، ويقارنون بين صورة البلورة والنموذج الذي تم بناوه وشكل البلورات باستخدام العدسة المكبرة.

✓ **أتحقَّق**: شحنة أيوني الليثيوم والكلور في LiCl هي $(^{+}1, ^{-}1)$؛ أقلّ من شحنة أيوني المغنيسيوم والأكسجين في MgO هي $(^{+}2, ^{-}2)$، لذلك؛ فإن قوة التجاذب بين أيونات Li^{+} و Cl^{-} في بلورة المركب أقلّ، لذلك؛ فدرجة انصهاره أقلّ.

(+1,−1)

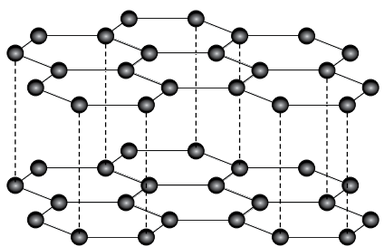
المواد الصُّلبة الشبكيّة التساهميّة Covalent Network Solids

جُسيماتُ المواد **الصُّلبة الشبكيّة التساهميّة Covalent Network Solids** ذراتٌ تترابطُ في ما بينها بروابطَ تساهميّةٍ في بناء شبكيٍّ صُلب، مثل الماس، الذي يتكوّنُ من ذرّات الكربون؛ حيث ترتبطُ كلُّ ذرّة كربون بأربعِ روابطَ تساهميّةٍ معَ أربعِ ذرّاتِ كربون أخرى، وتكونُ كلُّ ذرّةٍ مركزًا لرباعيّ الأوجه منتظم، كما يظهرُ في الشكل (27)، الذي يوضّحُ التركيبَ الشبكيَّ لبلّورة الماس. والماسُ عالي القساوة ودرجةُ انصهاره مرتفعةٌ، كما أنّه غيرُ موصل للتيار الكهربائي؛ نظرًا إلى أنّ إلكتروناتِهِ مقيّدةٌ غيرُ حُرّة الحركة، وهو يُعَدُّ أكثرَ الموادّ الطبيعيّة قساوة؛ لذا يُستخدَمُ في صناعة أدوات القطع والقصّ، كرؤوس حفّارات آبار البترول.



الشكلُ (27): بلّورةُ الماس.

وهناك شكلٌ آخَرُ منَ البلّورات يكوّنُهُ الكربون، هو الغرافيت؛ حيث ترتبطُ كلُّ ذرّة كربون بثلاثِ ذرّاتِ كربون أُخرى بحيثُ تشكّلُ حلقاتٍ سداسيّةَ الشكل، وتشكّلُ هذه الحلقاتُ معَ بعضها طبقاتٍ رقيقة، كما يظهرُ في الشكل (28)، تترابطُ معَ بعضها بقوى لندن الضعيفة، وهذا الترابطُ الضعيف يجعلُ الغرافيتَ مادّةً هشّة، ويسهّلُ انزلاقَ الطبقات المكوّنة له فوقَ بعضها بعضًا؛ لِذا يُستخدَمُ في صناعة أقلام الرَّصاص. ونظرًا إلى وجود 3 روابط π بين ذرّات الكربون المشكّلةِ لكلِّ حلقة فإنّ الإلكتروناتِ المشاركةَ فيها تشكّلُ ما يشبهُ السحابةَ بين الطبقات؛ ما يجعلُ الغرافيتَ موصلًا للتيار الكهربائي، وهو بذلك يَشُذُّ في خصائصه عن خصائص المركّبات الشبكيّة التساهميّة على نحوٍ عام.



الشكلُ (28): رسمٌ تخطيطيّ للطبقات المكوّنة للغرافيت.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: التعلُّم المستمر**

أُبيّن للطلبة أنّ سعيهم المستمر لتعلم مهارات جديدة، وتعزيز المهارات الموجودة لديهم أثناء تعلمهم يساعدهم على التكيُّف مع مُتغيّرات الحياة، ومستقبلا؛ يساعدهم مهنيًّا في مواكبة التطورات الجديدة في أداء الأعمال، ويرفع من مستوى أدائهم، ويزيد من الفرص المتاحة أمامهم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوزّع الطلبة في مجموعات غير متجانسة، ثم أوجّههم لدراسة الأشكال (27، 28)، وأستخدم **إستراتيجية الرؤوس المرقمة**؛ إذ يعطى كل فرد في المجموعة رقم وذلك لجميع المجموعات وعند المناقشة يجري اختيار أحد الأرقام ويقوم أصحاب الرقم من المجموعات جميعها بالإجابة بالتتابع.
- أُكلّف كل مجموعة بدراسة أحد المواد الصُلبة الشبكية التساهمية: الماس، والجرافيت، والكوارتز من خلال الإجابة عن الأسئلة الأتية:
  - ما نوع الجُسيمات المكوّنة للمواد الصُلبة الشبكية التساهمية؟
  - كيف تترابط الجُسيمات في بلورة كل مادة ؟
  - ما الترتيب الفراغي الذي تشكله ؟
  - ما الخصائص العامة لكلِّ مادة؟ وما استخداماتها ؟
- بعد انتهاء الوقت المحدد، يتم اختيار أحد الأرقام ليشارك أصحاب الرقم قي المناقشة ممثلين لمجموعاتهم للتوصل إلى؛ أن المواد الصُلبة الشبكية التساهمية تتكون من ذرات تترابط بروابط تساهمية مشكّلة بناء شبكيا صُلبا (وليس جزيئات)، وأن لكلِّ مادة بناء محدد؛ فالماس يتكون من ذرات الكربون، تترابط كل ذرة فيه بأربع ذرات أخرى بروابط تساهمية أحادية في بناء شبكي صلب تكون فيه كل ذرة كربون مركزا لرباعي الأوجه منتظم، والماس غير موصل للتيار الكهربائي وشديد القساوة، أما الغرافيت فترتبط كل ذرة كربون فيه بثلاث ذرات أخرى مشكلة حلقات سداسية تشكل مع بعضها بعضا طبقات رقيقة تترابط في ما بينها بقوى لندن الضعيفة، تحتوي كل حلقة سداسية على 3 روابط π تشكل الإلكترونات المشاركة فيها ما يشبه السحابة بين الطبقات، لذلك يتميز الغرافيت بأنه موصل جيد للتيار الكهربائي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (29) بالطريقة السابقة نفسها والإجابة عن الأسئلة للتوصل إلى خصائص الكوارتز.
- بعد انتهاء الوقت المحدد؛ يجري اختيار أحد الأرقام ليشارك أصحاب الرقم من كل مجموعة في المناقشة ممثّلين لمجموعاتهم والتوصل لمكونات الكوارتز وخصائصه.
- أُلخّص ما توصلت إليه المجموعات من دراسة الأشكال الثلاث بأن المواد الصُلبة الشبكية التساهمية هي مواد شديدة القساوة وأقساها الماس، ودرجات انصهارها مرتفعة نظرا لقوة الروابط التساهمية بين ذراتها، وهي غير موصلة للتيار الكهربائي في حالتي الصلابة والسيولة، ويشذّ الغرافيت في خصائصه عنها؛ إذ أنه هش وموصل للتيار الكهربائي بسبب وجود الروابط π.

◄ بناء المفهوم:

ظاهرة التآصل

- أطرح السؤال الآتي:

– ما المواد الصُّلبة البلّوْرية المكوّنة من ذرات الكربون التي تمت دراستها؟

بكمنسترفولرين، الماس، الغرافيت.

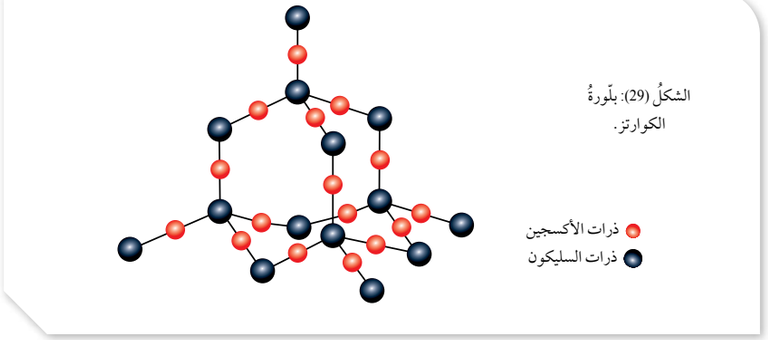
– هل تتشابه هذه المواد في أشكالها البلّوْرية؟ لا.

- أبين للطلبة أن وجود أكثر من شكل بلّوْري للعنصر نفسه في الحالة الفيزيائية نفسها تسمى ظاهرة التآصل.

✓ **أتحقّق:** لوجود ثلاث روابط π بين ذرات الكربون المكوّنة لكلّ حلقة في الطبقات المشكلة للغرافيت، تشكل الإلكترونات المشاركة في تكوين هذه الروابط ما يشبه السحابة بين الطبقات، مما يجعل الغرافيت موصلا للكهرباء.

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن (ظاهرة التآصل وأمثلة عليه). أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.



الشكلُ (29): بلّورةُ الكوارتز.

تُسَمّى ظاهرةُ وجود أكثر من شكل بلّوري للعنصرِ الواحد في الحالةِ الفيزيائيّةِ نفسِها **ظاهرةَ التآصُل Allotropy**، وَيُسَمّى كلٌّ منَ الماس والغرافيت وبكمنسترفولرين مُتآصِلات.

وَيُعَدُّ الكوارتز SiO_2 أيضًا مثالًا آخَرَ على الموادّ الصُّلبة الشبكيّة التساهميّة، وتشبهُ بلّورتُهُ بلّورةَ الماس، كما يظهرُ في الشكل (29)؛ حيث ترتبطُ كلُّ ذرّة سليكون بأربعِ ذرّات أكسجين. والكوارتز أيضًا شديدُ القساوة، ولكنّه أقلُّ قساوةً منَ الماس.

وتتميّزُ الموادُّ الصُّلبةُ الشبكيّةُ التساهميّةُ بالقساوة وبدرجات انصهارٍ مرتفعة؛ نظرًا إلى قوّة الروابط التساهميّة التي تربطُ بين ذرّاتها، وهي غيرُ موصلة للتيار الكهرَبائيّ في حالتي الصّلابة والسيولة على نحوٍ عام.

✓ **أتحقّقُ:** أُفَسِّرُ: الغرافيتُ موصلٌ جيّدٌ للكهرَباء.

أبحثُ: تمكّنَ العلماءُ عامَ 2004 م منَ الحصول على طبقة واحدة من الغرافيت سُمِّيَت غرافين Graphene. مستعينًا بالكلمات المفتاحية (غرافين) أو (خصائص الغرافين)، أبحَثُ في خصائص الغرافين واستخداماتـه، وأكتبُ تقريـرًا بذلك (أو عرضًا تقديميًّا)، بإشـراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركـه مـع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

طريقة أخرى للتدريس — **متآصلات الكربون**

- أكلف الطلبة بعمل لوحة بعنوان «متآصلات الكربون» وادخال المعلومات الخاصة بكل منها.

المادة	نوع المادة الصلبة	الجسيمات المكونة	قوى التجاذب بين الجسيمات	بعض الخصائص
الماس				
الغرافيت				
بكمنسترفولرين				

أبحثُ:

- أوجه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة المناسبة عن خصائص الغرافين واستخداماته وإعداد تقريرا بذلك أو عرضا تقديميا وأحدد موعدا لمناقشته ومشاركته جميع الطلبة في الصف.

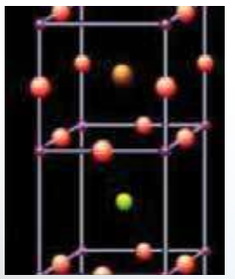
السيراميكُ فائقُ التوصيل Super Conducting Ceramic

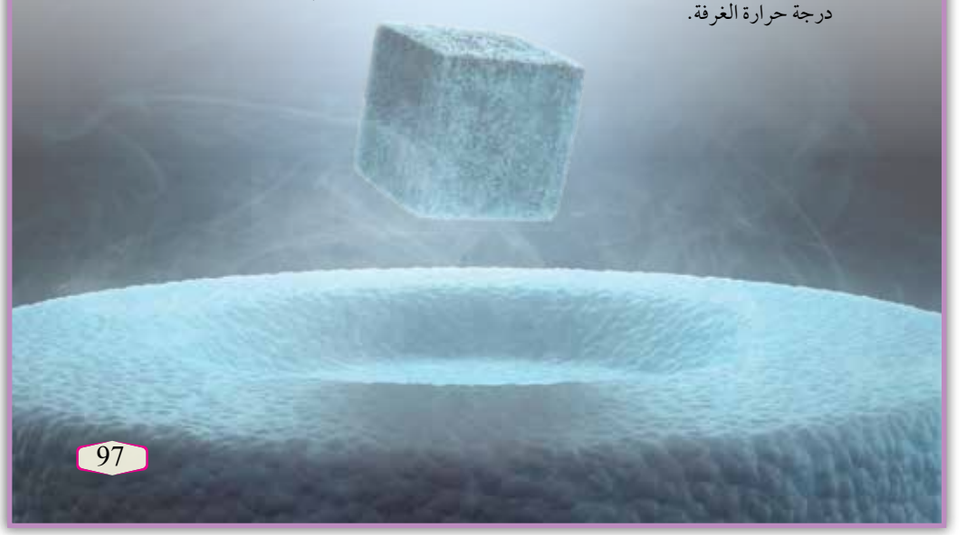
السيراميكُ مادّةٌ صُلبةٌ قد تكونُ بلّوريّةً شبكيّة تساهميّة أو أيونيّة أو تجمعُ الاثنين معًا، وقد تكونُ غيرَ بلّوريّة. وهو شديدُ الصّلابة، لكنّه هَشٌّ، وكثافتُهُ أقلُّ مِنَ المعادن، كما أنه ثابتٌ على درجات الحرارة العالية ولا يتشوَّهُ بسهولة تحتَ تأثير الضغط.

اكتَشَفَ الباحثانِ J.G.Bednorz و K.A.Muller التوصيلَ الفائقَ للسيراميك عام 1986، وقد مُنِحا مقابلَ ذلك جائزةَ نوبل في الفيزياء.

والتوصيلُ الفائقُ هوَ اختفاءُ المقاومةِ الكهرَبائيّة كُلّيًّا في بعض الموادِّ عند تبريدها لدرجة حرارة منخفضة جدًّا قريبةٍ مِنَ الصفر المُطلق.

هناك خاصيّةٌ أُخرى للموادِّ فائقةِ التوصيل مرتبطةٌ بسلوكِ المادّة المغناطيسيّ؛ حيث تطرد المُوصِلاتُ الفائقةُ المجالَ المغناطيسيَّ من داخلها عندما تتعرّضُ لمجالٍ مغناطيسيّ خارجيّ، فيبقى المُوصِلُ طافيًا فوقَ المغناطيس، وتسمّى هذه الظاهرةُ الرفعَ المغناطيسيّ Meissner effect. وللموادِّ فائقةِ التوصيل تطبيقاتٌ عديدة ومتنوّعة واعدة، ولكنّ العلماءَ يُؤمّلون أن يصلوا إلى موادَّ فائقةِ التوصيل على درجة حرارة الغرفة.





ورقة العمل (4)

أستخدم **إستراتيجية العمل التعاوني** وأوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أزوّدهم بورقة العمل (4) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ وأحدد لهم 10 min، ثم أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

الربطُ بالفيزياءِ

- أوزّع الطلبة في مجموعات وأوجّههم لاستخدام **إستراتيجية (اثن ومرر داخل المجموعة)**، ثم أطلب إليهم قراءة بند الربط بالفيزياء- السيراميك فائق التوصيل وأناقشهم في نوع المادة الصُلبة التي يكوّنها السيراميك والخصائص العامة له.
- أوجه للطلبة الأسئلة الآتية:

– متى اكتشف السيراميك فائق التوصيل؟ 1984.

– ماذا يقصد بالتوصيل الفائق؟ **إجابة محتملة:** اختفاء المقاومة الكهربائية كليًّا من بعض المواد عند تبريدها لدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق (−273 °C).

– ما التغيّر الذي يحدث للسلوك المغناطيسي للمادة فائقة التوصيل؟ **إجابة محتملة:** عندما تتعرض الموصلات فائقة التوصيل إلى مجال مغناطيسي خارجي فإنها تطرد المجال المغناطيسي من داخلها فتبقى طافية فوق المغناطيس.

– ماذا تسمى هذه الظاهرة؟ الرفع المغناطيسي.

– ما المشكلة التي تواجه الإستفادة من المواد فائقة التوصيل؟

هناك العديد من التطبيقات المهمة لهذه المواد، ما يحد منها أنها تكتسب هذه الخصائص على درجات حرارة منخفضة جدا، ما يسعى إليه العلماء هو الوصول إلى مواد فائقة التوصيل على درجات الحرارة العادية.

- بعد انتهاء الوقت المحدد تقوم كل مجموعة بعرض النتائج التي توصلت إليها، ثم مناقشة المجموعات للتوصل إلى فهم أهمية هذا الاكتشاف، وأخبرهم أن من تطبيقاته القطار فائق السرعة في اليابان، والصين، وغيرها.

استخدام الصور والأشكال:

- أحضر الجدول الدوري وأطلب إلى الطلبة تحديد العناصر الفلزّية عليه. وأخبرهم أن ذرات الفلزّات هي الجُسيمات المكوّنة للمادة الصُلبة الفلزية، وأوجّههم لتأمّل الشكلين (31,30).
- أطرح عليهم السؤال الآتي:

– ما نوع الرابطة بين ذرات الفلزّ؟ رابطة فلزّية

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (32) وأطرح عليهم السؤال الآتي: كيف تتكون الرابطة الفلزية؟ وأناقشهم فيه للتوصل إلى أن انخفاض طاقة التأين للفلزّات وضعف ارتباط إلكترونات المستوى الخارجي مع النواة يجعل بلّوْرة الفلزّ تبدو مثل صفوف من الأيونات الموجبة في بحر من الإلكترونات السالبة حرة الحركة، قوة التجاذب بينهما هي الرابطة الفلزّية.

المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي:

– ما الخصائص العامة للمواد الصُلبة الفلزية؟

إجابة محتملة: صُلبة ودرجات انصهارها مرتفعة، موصلة للتيار الكهربائي في حالتي الصلابة والسيولة، وقابلة للطرق والسحب.

- أفسّر ارتفاع درجة إنصهار المغنيسيوم مقارنة بدرجة إنصهار الصوديوم.

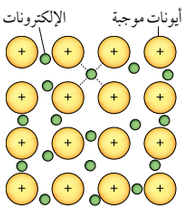
إجابة محتملة: لأن عدد إلكترونات التكافؤ في المغنيسيوم أكبر من عددها في الصوديوم وكذلك شحنة نواة المغنيسيوم أكبر لذلك قوة جذبها للإلكترونات أكبر وبالتالي درجة إنصهارها أكبر.

نشاط سريع

- أقسّم الطلبة في مجموعات، وأستخدم **إستراتيجية (اثنِ ومرر)** داخل المجموعة، بحيث يكتب الطالب إجابة ويمرر لزميله وهكذا، وأعرض عيّنات لأربع مواد بالتتابع: ملح الطعام، غرافيت (قلب قلم رصاص)، ورق ألمنيوم ، بلورات سكر كبيرة.
- أطلب من الطلبة تحديد نوع المادة الصلبة البلّوْرية، ونوع الجُسيمات المكونة لها، ونوع الروابط بينها، وبعض خصائص المادة، وتنظيم الاجابة في جدول وتسليمه للمعلم/ للمعلمة.

الشكلُ (30): بلّورةُ النيكل.

الشكلُ (31): بلّورةُ الذهب.



الشكلُ (32): الرابطةُ الفِلزيّة، وتظهرُ صفوفُ الأيونات الموجبة في بحر الإلكترونات السالبة.

الموادُّ الصُّلبة الفِلزيّة Metallic Solid

ذرّاتُ الفِلزاتِ هي الجُسيماتُ التي تكوّنُ الموادَّ الصُّلبة الفِلزيّة Metallic Solids، أنظرُ الشكلين (30، 31)، وتشتركُ بمجموعة منَ الصِّفات، منها: درجاتُ انصهارها مرتفعة على نحوٍ عام، وموصلةٌ للتيار الكهرَبائيّ، وقابلةٌ للطَّرق والسَّحب، ويرجعُ السببُ في هذه الصفات إلى الرابطة الفِلزيّة بين ذرّاتها. وبسبب طاقة التأيُّن المنخفضة للفِلزات فإنّ إلكتروناتِ المستوى الخارجي فيها ضعيفةُ الارتباط بالأنوية؛ لذلك تكونُ حُرّةَ الحركة، ويمكنُ تخيُّلُ البلّورة كأنّها صفوفٌ منَ الأيونات الموجبة مغمورةٌ في بحر منَ الإلكترونات السالبة حُرّةِ الحركة، كما يوضّحُ الشكل (32)، وهي قابلةٌ للطَّرق والسَّحب؛ لأنّ الضغط على صفوف الأيونات الموجبة بالطَّرق يجعلُها تنزلقُ مبتعدةً عن بعضها، ولكنّها تبقى مترابطةً بفعل تجاذبها معَ الإلكترونات الحُرّة، ومن ثَمَّ يمكنُ تشكيلُها صفائحَ أو أسلاكًا أو قضبانًا، أمّا قدرتُها على إيصال التيار الكهرَبائيّ فراجعةٌ لبحر الإلكترونات السالبة حُرّةِ الحركة في البلّورة، وسببُ صلابتها ودرجات انصهارها المرتفعة عائدٌ إلى قوّة التجاذب الناشئة بين بحر الإلكترونات حُرّةِ الحركة والأيونات الموجبة المحيطة بها. وعند مقارنةِ درجة انصهار كلٍّ من عنصري الصوديوم والمغنيسيوم نجدُ أنّ درجةَ انصهار الصوديوم Na تساوي 98 °C ودرجةَ انصهار المغنيسيوم Mg تساوي 650 °C، وهو ما يدلُّ على أن الرابطة الفِلزيّة في المغنيسيوم أقوى منها في الصوديوم؛ لأنّ عدد إلكترونات التكافؤ في المغنيسيوم (2) مقارنةً بالصوديوم، الذي عدد إلكترونات تكافئه (1)، وكذلك فإنّ شحنة نواة ذرّة المغنيسيوم أكبرُ منها لذرّة الصوديوم، ومن ثَمَّ فإنّ قوى التجاذب بين أنوية ذرّات المغنيسيوم والإلكترونات حُرّةِ الحركة في بلورة المغنيسيوم أكبرُ منها في الصوديوم.

أتحقَّقُ:

أُفَسِّرُ قابليّةَ الموادِّ الصُّلبة الفِلزيّة للطَّرق والسَّحب.

أتحقَّق: وذلك بسبب طبيعة الرابطة الفلزية؛ إذ أن الضغط على صفوف الأيونات الموجبة يجعلها تنزلق مبتعدة عن بعضها بعضا، ولكنها تبقى مترابطة بفعل تجاذبها مع بحر الإلكترونات حركة الحرة المحيطة بها.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تعدّ طاقة تحرير الذرات مقياسًا لقوة الرابطة الفلزية، وتعرف بأنها الطاقة اللازمة لتحويل مول واحد من ذرات الفلز من الحالة الصُّلبة إلى الحالة الغازية.

فمثلًا؛ طاقة تحرير الذرات لـلمغنيسيوم = (128 KJ/mol)، بينما طاقة تحرير الذرات للصوديوم = (97 KJ/mol)، مما يدل على أن الرابطة الفلزية بين ذرات المغنسيوم أقوى منها بين ذرات الصوديوم.

الربطُ بالطبِّ

تمكّنَ فريقٌ مِنَ الباحثينَ من تطوير جيلٍ جديد مِنَ السبائك الفلزّية للأغراض الطبيّة مُخصّصةٍ لعمل الدِّعامات القلبيّة. والسبيكةُ المُبتَكَرَةُ مُصَنَّعَةٌ مِنَ التيتانيوم Ti، مُضافٌ إليه فلزّ التنتاليوم Ta بنسبة 6% والنيوبيوم Nb بنسبة 17%، وهي تمتازُ بمرونة فائقة وقوّة كبيرة، كما أنّها خاليةٌ مِنَ العناصر السامّة أو تلك التي تُسَبِّبُ التهاباتٍ عصبيّةً أو حساسيّة. وتصميمُ دِعاماتِ الشرايينِ الجديدُ متوازنٌ؛ يعتمدُ على الهندسة النانويّة، ويجمعُ بين انخفاض التكلفة والملاءمة الحيويّة العالية.

الدعامات القلبية المستخدمة لفتح الشرايين.

مراجعةُ الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسة**: أوضّحُ الأنواع الرئيسة للمواد الصلبة البلورية.

2 - أوضّحُ المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

- المادّةُ الصُّلبة البلّوريّة.
- المادّةُ الصُّلبة غيرُ البلّوريّة.
- ظاهرةُ التآصُل.

3 - **أُفَسِّرُ**: الموادُّ الصُّلبةُ غيرُ قابلةٍ للانضغاط أو الجريان.

4 - أُحَدِّدُ نوعَ الروابط التي تُكسَرُ عند انصهار كلٍّ منَ الموادّ الصُّلبة البلّوريّة الآتية:

- المادّةُ الصُّلبة الأيونية
- المادّةُ الصُّلبة الفِلزّيّة
- المادّةُ الصُّلبة الجُزيئيّة
- المادّةُ الصُّلبة الشبكية التساهميّة

5 - أُحَدِّدُ نوعَ المادّة الصُّلبة البلّوريّة لكلٍّ ممّا يأتي: NH_3 ، SiC ، Ni ، KI

6 - **أُصَنِّفُ** الموادَّ الصُّلبة الآتية حَسَبَ نوعها: مادّةٌ صُلبة جُزيئيّة، مادّةٌ صُلبة أيونيّة، مادّةٌ صُلبة فِلزّيّة، مادّةٌ صُلبة شبكيّة تساهميّة.

أ- مادّةٌ صُلبةٌ غيرُ موصلة للكهرَباء تنصهرُ على درجة حرارة 650 °C ومصهورُها موصلٌ للكهرَباء.

ب- مادّةٌ صُلبةٌ صفراءُ اللون براقةٌ موصلةٌ للكهرَباء.

جـ- مادّةٌ شديدةُ الصَّلابة درجةُ انصهارها 2730 °C غيرُ موصلة للكهرَباء عند صهرها.

د - مادّةٌ صُلبةٌ هشّةٌ صفراءُ اللون ذاتُ رائحة مميّزة تنصهرُ على درجة حرارة 119 °C.

الربطُ بالطبِّ

- أوجه الطلبة إلى قراءة بند الربط بالطب؛ للتوصل إلى تركيب نوع جديد من السبائك الفلزّية المستخدمة في عمل الدِّعامات القلبية والخصائص المميزة لها لتكون ملائمة حيويا.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 مادة صلبة جزيئية، مادة صلبة شبكية تساهمية ، مادة صلبة أيونية، مادة صلبة فلزية.

2
- المادة الصُلبة البلَّوْرية: مادة صُلبة تترتب جسيماتها مكونة أشكال هندسية منتظمة.
- المادة الصُلبة غير البلَّوْرية: مادة صُلبة تترتب جسيماتها بشكل عشوائي ولا تكون أشكال هندسية منتظمة.
- ظاهرة التآصُل: وجود أكثر من شكل بلَّوْري للعنصر الواحد في الحالة الفيزيائية نفسها.

3 لأن جسيماتها متقاربة جدًا وقوى التجاذب بينها كبيرة لذلك تترتب في أماكن محددة وثابتة لا تغادرها.

4 **المادة الصُلبة الأيونية**: رابطة أيونية.
المادة الصُلبة الجزيئية: الرابطة الهيدروجينية، قوى ثنائية القطب، قوى لندن.
المادة الصُلبة الفلزية: الرابطة الفلزية.
المادة الصُلبة الشبكية التساهمية: الرابطة التساهمية.

5 NH_3: مادة صُلبة جزيئية.
SiC: مادة صُلبة شبكية تساهمية.
Ni: مادة صُلبة فلزية.
KI: ماد ة صُلبة أيونية.

6

رمز الفقرة	أ	ب	جـ	د
نوع المادة الصُلبة البلَّوْرية	أيونية	فلزية	شبكية تساهمية	جزيئية

الحالة الرابعة للمادة
Plasma

- أبيّن للطلبة أن هناك حالةً رابعةً للمادة تسمى البلازما، وسنتعرف كيفية تكوّنها وخصائصها وبعض التطبيقات المرتبطة بها.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم باستخدام **استراتيجية التعلم التعاوني**، أوجههم لقراءة بند الإثراء والتوسع، وإجابة الأسئلة الآتية، وأزودهم بلوحة لاستخدامها لعرض إجاباتهم:

– ما هي البلازما؟ وكيف تتكون؟

البلازما هي غازات متأيّنة، تتكوّن من الإلكترونات حرة الحركة والأيونات الموجبة الناتجة عن انفصال الإلكترونات، وتتكوّن نتيجة درجات حرارة تزيد عن آلاف عدة من درجة سيلسيوس، وتتكوّن في جو الشمس والنجوم، وأيضًا نتيجة تأين جزيئات الهواء بفعل البرق، ويمكن تحضيرها صناعيا.

– ما خصائص البلازما؟ وما أهمية هذه الخصائص؟

تشبه خصائص الغازات من حيث الشكل والحجم، ولكنها موصلة للتيار الكهربائي لذلك صنفت حالة مستقلة.

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل الذي يمثل محول النفايات البلازمي بوصفه مثالًا على التطبيقات العملية التي تُحضّر فيها البلازما وتستخدم، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية:

– كيف تكون الاستفادة من البلازما في محول النفايات البلازمي؟ تعمل الطاقة الهائلة المختزنة في البلازما على كسر الروابط في مواد النفايات فتتفكك إلى العناصر المكوّنة لها، ويمكن استخدام كل أنواع النفايات بما فيها الخطرة.

– كيف تخرج النفايات العضوية من المحول؟ خليط غازيّ غنيّ بغاز الهيدروجين يستخدم لتوليد الطاقة.

– كيف تخرج النفايات غير العضوية من المحول؟ ناتج صلب يستخدم في صناعة الإسمنت والإسفلت.

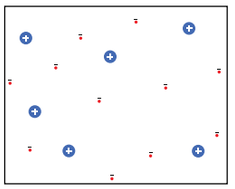
– أُكلّف كل مجموعة بعرض النتائج التي توصلت إليها، ويقوم الطلبة بعمل جولة بوستر ومناقشة الإجابات.

- أطرح السؤال الختامي: ما معيقات تطبيق هذه الطريقة للتخلص من النفايات؟ كلفة إنشائها وكلفة تحضير البلازما العالية.

الحالةُ الرابعة للمادّة Plasma

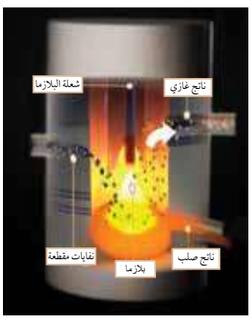
البلازما Plasma أو الغازاتُ المتأيّنةُ خليطٌ غازيٌّ مكوّنٌ منَ الإلكترونات حُرّةِ الحركة والأيونات الموجبة الناتجة بعد انفصال الإلكترونات عنِ الذرّة. وتتكوّنُ البلازما نتيجةَ درجات الحرارة التي تزيدُ على عدّة آلاف درجة سلسيوس، وتوجدُ طبيعيًّا في الشمس والنجوم والمجرّات والسُّدُم، كما تتكوّنُ بفعل الضَّوء عند حدوث البرق؛ حيث تتأيّنُ جُزيئاتُ الهواء، وكذلك يمكنُ تحضيرُها صناعيًّا.

تشبهُ البلازما في خصائصها الغازاتِ؛ إذ ليس لها حجمٌ أو شكلٌ ثابتان، ولكنّ قوى التجاذب الكبيرة بين مكوّناتها تكسبُها خصائصَ غيرَ متوقّعة، مثل توصيل التيار الكهرَبائيّ، وهذا المزيجُ منَ الخصائص هو ما جعلَها تُصَنَّفُ حالةً رابعة للمادّة.



مكوّنات البلازما

وللبلازما العديدُ منَ الاستخدامات التكنولوجيّة الحديثة، منها محوّل النُّفايات البلازميّ Plasma Waste Converter، الذي يتعاملُ معَ معظم مخلّفات الموادّ بما فيها الموادّ الخطرة، حيث تعملُ الطاقةُ المختزنةُ في البلازما على كسر الروابط بين جُزيئات موادّ النُّفايات فتتفكّكُ إلى العناصر المكوّنة لها، وتقسمُ النواتجُ النهائية في هذا المحوّل إلى نوعين؛ ناتجٍ غازيّ غنيّ بغاز الهيدروجين يُسَمّى Syngas، وناتجٍ صُلب يُسَمّى Slag، ويعتمد نوعُ الناتج النهائيّ على نوع النُّفايات المُدخلة، فالنُّفاياتُ العضويّة تخرجُ على شكل ناتج غازيّ، أمّا النُّفايات غيرُ العضويّة فتخرجُ على شكل ناتج صُلب Slag، ويختلفُ شكلُ الناتج الصُّلب باختلاف طريقة تبريده، ويستفادُ من غاز الهيدروجين الناتج بِوَصفِهِ مصدرًا للطاقة (وقود للمركّبات)، وَتُستخدَمُ الغازاتُ الساخنة الأُخرى لتوليد الطاقة الكهرَبائيّة، أمّا الناتجُ الصُّلب فَيُستخدَمُ في صناعة الكونكريت (الإسمَنت) والأسفلت.



محوّلُ النُّفايات البلازميّ.

ولمحوّلِ النُّفايات البلازميّ فوائدُ عديدة مقارنةً بالطَّرائق التقليديّة لمعالجة النُّفايات؛ فهو لا يحتاج إلى أراضٍ لِطَمر النُّفايات، كما أنّ كميّة غازات الدفيئة وملوّثات الهواء الناتجة منه أقلُّ منها في المكبّات الخاصّة بحرق النُّفايات، ورغم هذه الفوائد فإنّ محطّاتِ معالجة النُّفايات باستخدام البلازما محدودةُ العدد؛ نظرًا إلى كُلفة إنشائها الماديّة الكبيرة.

مراجعةُ الوحدةِ

1 . أوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ من:

- التصادماتِ المَرِنة.
- قانونِ أفوجادرو.
- المائع.
- المادّةِ الصُّلبة الجُزيئيّة.

2 . **أُفَسِّرُ** ما يأتي:

- يتناسبُ ضغطُ الغاز طرديًّا معَ درجة حرارته عند ثبات حجمه.
- انتشارُ غاز NH_3 أسرعُ منَ انتشار غاز CO_2.
- درجةُ انصهار CH_3COOH أكبرُ من درجة انصهار C_2H_5Cl.

3 . **أحسُبُ** كتلةَ غاز O_2 الموجودةَ في وعاء حجمُهُ 5 L عند درجة حرارة 20 °C وضغط 1.5 atm .

4 . **أحسُبُ** كثافةَ غاز SO_2 عند درجة حرارة 35 °C وضغط 0.97 atm.

5 . يحتوي وعاءٌ حجمُهُ 1.64 L على (1.1 g CO_2) و (1.6 g O_2) وكتلة مجهولة من N_2. إذا علمتُ أنّ الضغط الكليَّ للغازات الثلاثة يساوي 1.5 atm عند درجة حرارة 27 °C، **فأحسبُ**:

- الضغطَ الجزئيَّ لكلٍّ منَ الغازات CO_2 ، O_2 ، N_2.
- كتلةَ غاز N_2 في الوعاء.

6 . أدرسُ الجدولَ الآتي، الذي يبيِّنُ الضغطَ البخاريَّ لثلاثة سوائل A , B , C عند درجة حرارة معيّنة، ثمّ أجيبُ عنِ الأسئلة الآتية:

المادّة	A	B	C
الضغط البخاريّ mmHg	225	580	50

- ما المادّةُ الأسرعُ تبخُّرًا؟
- ما المادّةُ التي لها أعلى درجةِ غليان عادية؟
- أُرَتِّبُ السوائلَ الثلاثة حَسَبَ تزايد قوى التجاذب بين جُزيئاتها.

7 . إذا كانت طاقةُ التبخُّر المولّية للسوائل الآتية، كما هو مُوَضَّح:

O_2 (6.8 KJ/mol) , Ne (1.8KJ/mol) , CH_3OH (34.5KJ/mol)

فهل تتّفِقُ هذه القِيَمُ معَ توقعاتي؟ **أفسّر** إجابتي.

8 . أُحَدِّدُ المادّةَ التي لها أعلى درجةِ انصهار بين الأزواج الآتية:

- LiF , Li_2O
- SiO_2 , CO_2
- Na , Al

9 . إذا علمتُ أنّ كثافة الماس 3.5 g/mL، وأنّ كثافة الغرافيت 2.3 g/mL. اعتمادًا على التركيب البلوريّ لبكمنسترفولرين، فهل **أتوقّع** أن تكون كثافةُ أكبرَ أم أقلَّ منهما؟ أبرّر إجابتي.

10 . أختارُ الإجابة الصحيحة لكلِّ فقرة منَ الفقرات الآتية:

1). إحدى العبارات الآتية لا تتّفِقُ معَ نظريّة الحركة الجُزيئيّة:

أ- حركةُ جُزيئات الغاز مستمرّةٌ وعشوائيّة.

ب- متوسطُ الطاقة الحركية للغازات ثابتٌ عند درجة الحرارة نفسِها.

جـ- تتصادمُ جُزيئاتُ الغاز تصادماتٍ مَرِنة.

د - تتحرّكُ جميعُ جُزيئات الغاز بالسرعة نفسِها عند درجة الحرارة نفسِها.

مراجعة الوحدة

1 • **التصادمات المرنة**: التصادمات التي يجري خلالها تبادل الطاقة بين الجُسيمات المتصادمة، فما يفقده أحد الجُسيمات من طاقة خلال التصادم يكسبه جسيم آخر بحيث يبقى مجموع الطاقة الحركية التي تمتلكها الجُسيمات محفوظة عند درجة الحرارة نفسها.

• **المائع**: المادة التي تمتلك جسيماتها القدرة على الإنسياب أو الجريان فتأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه وهي السوائل والغازات.

• **قانون أفوجادرو**: الحجوم المتساوية من الغازات تحتوي نفس العدد من الجزيئات عند الظروف نفسها من الضغط ودرجة الحرارة.

• **المادة الصُلبة الجزيئية**: مادة صُلبة بلّوْرية تتكون جسيماتها من جزيئات (وذرات الغازات النبيلة) تترابط في ما بينها بروابط هيدروجينية، أو قوى ثنائية القطب أو قوى لندن، وتتميز بشكل عام بدرجات انصهار وغليان منخفضة.

2 • وذلك لأن زيادة درجة حرارة الغاز تزيد من متوسط الطاقة الحركية لجسيماته فتزداد سرعتها وتزداد عدد تصادماتها من جدار الإناء الذي توجد فيه فيزداد ضغط الغاز.

• لإن الكتلة المولّية لغاز NH_3 (Mr = 17 g/mol) أقل منها لغاز CO_2 (Mr=44 g/mol)

• لأن جزيئاته تترابط بروابط هيدروجينية قوية نسبيا مقارنة مع القوى ثنائية القطب التي تربط جزيئات C_2H_5Cl فتحتاج لطاقة كبر لكسرها مما يفسر ارتفاع درجة انصهارها.

3 $PV = n\,RT$, $T(K) = 20 + 273 = 293\ K$

$1.5 \times 5 = n \times 0.082 \times 293$

$n = 0.31\ mol$

$n = \frac{m}{Mr}$, $m = 0.31 \times 32 = 9.92\ g$

4 $d = Mr \times \frac{P}{RT}$, $Mr_{SO2} = 64\ g/mol$

$T(K) = 35 + 273 = 308\ K$

$d = 64 \times \frac{.97}{0.082 \times 308}$

$d = 2.458\ g/L$

5 $T = 273 + 27 = 300\ K$

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

$n_{CO_2} = \frac{1.1}{44} = 0.025\ mol$

$n_{O_2} = \frac{1.6}{32} - 0.05\ mol$

$PV = n\,RT$

$P_{CO_2} = \frac{0.025 \times 0.082 \times 300}{1.64} = 0.375\ atm$

$P_{O_2} = \frac{0.05 \times 0.082 \times 300}{1.64} = 0.75\ atm$

$P_{CO_2} + P_{O_2} = 1.125\ atm$

$P_{N_2} = P_T - (P_{CO_2} + P_{O_2})$

$P_{N_2} = 1.5 - 1.\ 125 = 0.375\ atm$

بما أن الضغط الجزئي لـ CO_2 يساوي الضغط الجزئي لـ N_2 = 0.375 atm؛ فإن عدد مولات CO_2 يساوي عدد مولات N_2 عند الظروف نفسها = 0.025 mol، ومنه نحسب كتلة N_2

$m_{N_2} = 0.025 \times 28 = 0.7\ g$

6 أ - B

ب- C

جـ- $B < A < C$

7 نعم؛ تتفق، وذلك لأن قوى التجاذب بين جزيئات CH_3OH هي رابطة هيدروجينية قوية نسبيا مقارنة مع قوى لندن التي تربط جزيئات كل من O_2 و Ne، كما أن الكتلة المولّية لـ O_2 أكبر منها لـ Ne، لذلك قوى التجاذب بين جزيئاته أكبر، وكلما كانت قوى التجاذب بين الجزيئات أقوى زادت طاقة التبخر المولّية.

8 Li_2O • SiO_2 • Al

9 أقل، وذلك لأنه يتكون من جزيئات C_{60} تكون على شكل كرات مجوّفة تترابط مع بعضها بقوى لندن، أما الماس والغرافيت فكلاهما مادة صُلبة شبكية تساهمية تترابط ذراتها بروابط تساهمية في بناء شبكي صلب. المتوقع أن الحجم الذي يشغله أي عدد من المولات من بكمنسترفوليرين أكبر منه بالنسبة لنفس العدد من المولات من الماس أو الغرافيت وبالتالي فإن كثافته المتوقعة أقلّ.

10 1). د - تتحرّكُ جميعُ جُزيئات الغاز بالسرعة نفسِها عند درجة الحرارة نفسِها.

2). إذا علمتُ أنّ الكتلةَ المولية للغازات الآتية
$(H_2 = 2g/mol \text{ ، } N_2 = 28g/mol \text{ ، } O_2 = 32g/mol \text{ ، } Ne = 20g/mol)$،
فإنّ أقلّ هذه الغازات انحرافًا عن سلوك الغاز المثالي عند الظروف نفسِها، هو:

أ- H_2 ب- N_2 جـ- O_2 د- Ne

3). عينةٌ منَ الغاز المحصور حجمُها (V) عند درجة حرارة (35°C)، فإنّ درجةَ الحرارة التي يتضاعفُ عندها حجمُ الغاز (2V) عند ثبات الضغط، هي:

أ- 35 °C ب- 70 °C جـ- 308 °C د- 343 °C

4). عند مضاعفة درجة الحرارة (بالكلفن) لعيّنة من غاز محصور 3 مرّات ومضاعفة حجمه مرتين، فإنّ ضغطَهُ الجديدَ يساوي:

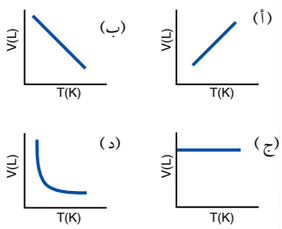
أ- 1/6 منَ الضغط الأصليّ

ب- 2/3 منَ الضغط الأصليّ

جـ- 3/2 منَ الضغط الأصليّ

د- 5 أضعاف الضغط الأصليّ

5). إحدى الرسوم البيانيّة الآتية توضّحُ العلاقةَ بين حجم الغاز ودرجة حرارته المُطلقة عند ثبات ضغطه:



6). المادّةُ التي لها أعلى درجةِ غليان عاديّة، هي:

أ- CH_3CH_3 ب- $CH_3CH_2CH_3$

جـ- CH_3CH_2OH د- CH_3OCH_3

7). ترتيبُ السوائل الآتية: $CH_4, CHBr_3, CH_3Cl$ حَسَبَ تناقص طاقة تبخُّرِها المولية:

أ- $CHBr_3<CH_4<CH_3Cl$

ب- $CHBr_3<CH_3Cl<CH_4$

جـ- $CH_3Cl<CHBr_3<CH_4$

د- $CH_4<CH_3Cl<CHBr_3$

8). أحدُ العوامل الآتية يؤثّرُ في الضغط البخاري للسائل:

أ- حجمُ السائل ب- شكلُ الإناء

جـ- درجةُ الحرارة د- كمية السائل

9). إذا علمتُ أنّ عنصرَ البورون صُلبٌ للغاية، درجةُ انصهاره 2300 °C، وهو رديءُ التوصيل للكهرَباء على درجة الحرارة العاديّة، فإنّ نوع المادّة الصُّلبة البلوريّة التي يكوّنها:

أ- جُزيئيّة ب- شبكيّةٌ تساهميّة

جـ- فِلزيّة د- أيونيّة

10). المادّةُ الصُّلبة البلوريّة الموصلة للتيار الكهرَبائيّ في حالتي الصَّلابة والسيولة، هي:

أ- KF ب- SiO_2

جـ- Cu د- S_8

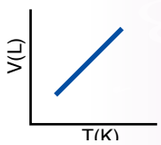
مراجعة الوحدة

2). أ- H_2

3). د- 343 °C

4). جـ- $\frac{3}{2}$ منَ الضغط الأصليّ

5). أ-



6). جـ- CH_3CH_2OH

7). د- $CH_4<CH_3Cl<CHBr_3$

8). جـ- درجة الحرارة

9). ب- شبكيّةٌ تساهميّة

10). جـ- Cu

الوحدة الثالثة: المحاليل

Solutions

تجربة استهلالية: الروابط في المركبات التساهمية.

الدرس	نتاجات التعلُّم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الدرس الأول: **تصنيف المحاليل**	• تصنيف المواد إلى نقية ومخاليط متجانسة وغير متجانسة. • تصنيف المحاليل وفق خصائص محددة. • استنتاج العوامل المؤثرة في ذائبية المواد الصُلبة والسائلة والغازية في الماء.		3
الدرس الثاني: **تركيز المحاليل**	• حساب تركيز المحلول بوحدات الكسر المولي والمولارية والمولالية والنسبة المئوية. • تحضير مخبري لمحاليل قياسية مختلفة بتراكيز مختلفة.	○ المحلول القياسي.	5
الدرس الثالثُ: **خصائص المحاليل**	• استنتاج الخصائص الجامعة للمحاليل(الضغط البخاري، درجة الغليان، درجة التجمد، الضغط الاسموزي). • اجراء حسابات لمعرفة درجة تجمد المحلول ودرجة غليانه. • المقارنة بين أثر المركبات الايونية والجزيئية في تغيير خصائص المذيب. • استقصاء بعض التطبيقات العملية المرتبطة بخصائص المحاليل.	○ الانخفاض في درجة التجمد.	4

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• التمييز بين المادة النقية والمخلوط. • تصنيف مجموعة مخاليط إلى متجانسة وغير متجانسة.	الثالث	○ تصنيف المواد إلى نقية ومخاليط متجانسة وغير متجانسة.	الحادي عشر
• التمييز بين المذاب والمذيب. • وصف تركيز المحلول بالتعبير عن كمية المذاب في المذيب. • استنتاج الفرق بين المحلول المشبع وغير المشبع. • التمييز بين المادة النقية والمخاليط. • التمييز بين المخاليط المتجانسة وغير المتجانسة.	السادس	○ تصنيف المحاليل وفق خصائص محددة. ○ استنتاج العوامل المؤثرة في ذائبية المواد الصُلبة والسائلة والغازية في الماء. ○ حساب تركيز المحلول بوحدات الكسر المولي والمولارية والمولالية والنسبة المئوية. ○ تحضير مخبريا محاليل قياسية مختلفة بتراكيز مختلفة.	الحادي عشر

المحاليل
Solutions

أتأمَّل الصورة

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل صورة الوحدة، وأسألهم:

– ما المشاهدة في هذه الصورة؟

أتقبّل إجابات الطلبة ولا أستبعد أي منها.

الإجابات المحتملة: دوراق زجاجية تحتوي سوائل ملونة، دوراق زجاجية تحتوي محاليل ملونة، محاليل مختلفة عن بعضها.....

- أقسّم الطلبة مجموعات (6–4) أفراد، ثم أُكلّفهم بالإجابة عن الأسئلة الخاصة بصورة الوحدة.

الإجابات المحتملة: المحلول يتكون من مذاب ومذيب، المحلول يتكون من مادتين أو أكثر، يمكن حساب التركيز بمعرفة كمية المذاب في المذيب

- تختار كل مجموعة أحد أفرادها لعرض النتائج التي توصلت اليها مجموعته.
- أتقبّل إجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم، للتوصل إلى أن المحلول مخلوط متجانس وأنه يتكون من مذاب ومذيب وأن، درجة غليان المحلول مرتفعة، ودرجة انصهاره منخفضة، ويمكن حساب تركيز المحلول بمعرفة عدد مولات المذيب والمذاب أو كتلتها أو حجومها.

الوحدةُ 3
المحاليـلُ
Solutions

أتأملُ الصورة

تُستخدم المحاليلُ الكيميائيّةُ على نطاق واسع في حياتنا، سواءٌ في المنزل أو في الصناعات المتنوّعة. فما المحلول؟ وما خصائصُه؟ وكيف يُحسَبُ تركيزُه؟

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن أنواع المخاليط؛ متجانسة وغير متجانسة، وأشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق صفحة المدرسة الإلكترونية، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

103

الفكرة العامة:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الفكرة العامة، ثم أمهّد للوحدة بطرح السؤالين الآتيين:

– ما الفرق بين الماء النقي والماء غير النقي؟

– كيف يمكن معرفة تركيز المحلول ؟

الإجابات المحتملة: الماء النقي هو الماء النظيف، والماء غير النقي يحتوي شوائب،ويمكن معرفة تركيز المحلول بمعرفة عدد الجسيمات المذابة فيه.

- أتقبّل إجابات الطلبة وأناقشها معهم، وأوضّح لهم أن المواد في الطبيعة قد تكون نقية تتكون من نوع واحد من المكونات، مثل الماء النقي حيث يتكوّن من جزيئات الماء فقط دون وجود أيّ مواد أخرى معه، وكذلك قد تكون المادة على شكل مخلوط يتكون من مادتين أو أكثر، وللمخاليط أنواع منها المتجانسة(المحاليل)، وغير المتجانسة، وكذلك للمحاليل أنواع مختلفة ويمكن حساب تركيزها بطرائق عدة تعتمد على نسبة المذاب إلى المذيب.
- أوضّح للطلبة أنّهم سيدرسون في هذه الوحدة الأسس التي اعتُمِد عليها في تصنيف المحاليل إلى أنواع مختلفة، وطرائق حساب تركيز المحاليل، وخصائصها العامة.

مشروع الوحدة:

- **أقترح على الطلبة تصميم ما يأتي:**

1 - مطويّة تبين تقسيم المواد إلى نقية ومخاليط، وأنواع المحاليل وأسس تصنيفها، وكذلك الطرائق المختلفة في حساب تركيز المحاليل ومبدأ كل طريقة، وملخص توضيحي لخصائص المحاليل.

2 - عرض تعليمي(باوربوينت Power Point)؛ موضحًا مخططًا مفاهيميًا لوحدة المحاليل.

3 - لوحة جدارية صفية توضح المحاليل: أنواعها، أمثلة عليها، طرائق حساب تركيزها، خصائصها.

- أخبر الطلبة أن تقييم العمل سيعتمد على دقة المعلومات، وجاذبية التصميم.

الفكرة العامّة:

تُصنَّفُ الموادُّ إلى قسمين: موادّ نقيّة، ومخاليط. والمحاليلُ إحدى أنواع المخاليط، لها خصائصُ معيّنة، ويمكن حسابُ تركيزها بطرائقَ عدّة.

الدرسُ الأول: تصنيفُ المحاليل

الفكرةُ الرئيسة: المحاليلُ مخاليطُ مُتَجانِسة، وَتُقسَمُ إلى أنواع مختلفة وَفقَ حالة المُذيب الفيزيائيّة وحالة الإشباع والتوصيل الكهرَبائيّ وحجم جُسيمات المُذاب.

الدرسُ الثاني: تركيز المحاليل

الفكرةُ الرئيسة: يمكن التعبيرُ عن تركيز المحلول بالكسر الموليّ والنسبة المئويّة والمولاريّة والموليّة.

الدرسُ الثالث: خصائصُ المحاليل

الفكرةُ الرئيسة: للمحاليل خصائصُ عدّة، كالضغط البخاريّ ودرجة الغليان ودرجة التجمّد والضغط الأُسموزيّ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** قضايا ذات العلاقة بالعمل: التخطيط**

أوجه الطلبة الى أن التخطيط يساعد على قيادة المشروع نحو النجاح، وذلك عن طريق تحديد الاهداف والانشطة والاجراءات وتوزيع المهمات والادوار التي سيجري القيام بها لتحقيق تلك الأهداف، وهذا يساعد في نجاح المشروع.

خصائصُ المحاليل

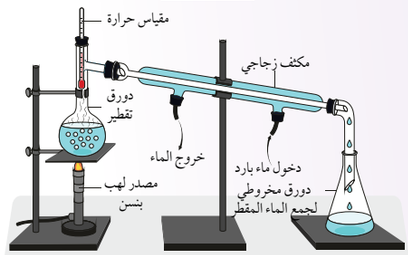
الموادُّ والأدوات: دورق مخروطيّ سَعة 200 mL، دورق تقطير سَعة 200 mL، مقياس حرارة، لهب بنسن، حامل فلزي، شبكة تسخين، ماء مقطّر، أنابيب مطاطيّة، مكثّف زجاجيّ، سُكّر المائدة، حُبيبات الغليان، مِخبار مدرّج، ميزان حسّاس.

إرشاداتُ السلامة: الحذر عند التعامل معَ الأدوات الزجاجيّة ومعَ لهب بنسن، وارتداء القفازاتِ والنظاراتِ الواقية ومعطف المختبر.

خُطواتُ العمل:

1. **أقيسُ:** أزِنُ 10 g منَ السُّكّر باستخدام الميزان الحساس، وأُذيبها في 100 g منَ الماء المقطّر، ثمّ أضعُها في دورق التقطير.
2. **أُطبِّقُ:** أُضيفُ 3 - 4 من حُبيبات الغليان إلى المحلول، ثمّ أُركِّبُ جهازَ التقطير، كما هو موضَّحٌ في الشكل.
3. **أُنظِّمُ:** أُسخّنُ المحلول، ثمّ أُسجِّلُ قراءةَ مقياس الحرارة كلَّ 5 min، وأستمرُّ إلى ما بعد الغليان بقراءتين.
4. أُكرِّرُ الخُطواتِ السابقةَ بإذابة 20 g منَ السُّكّر في 100 g منَ الماء المقطّر.

جهاز التقطير



التحليلُ والاستنتاج:

1- ما درجةُ الحرارة التي يغلي عندها كلُّ محلول مِنَ المحلولين؟

2- أصِفُ التغيُّرَ في قراءة مقياس الحرارة لكلٍّ مِنَ المحلولين.

3- أُقارنُ درجة غليان المحلول بدرجة غليان الماء النقي.

4- أُفسِّرُ اختلافَ درجة غليان المحلول عن درجة غليان الماء النقي.

تقويم تجربة خصائص المحاليل

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

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	تركيب جهاز التقطير بشكل صحيح.		
2	أخذ قراءات صحيحة.		
3	وصف النتائج بدقة.		
4	التوصل إلى استنتاجات صحيحة من خلال التجربة.		

تجربة استهلالية

الهدف: استقصاء درجة غليان المحلول.

زمن التنفيذ: 20 min.

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى أتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجّه الطلبة إلى الحذر عند التعامل مع الأدوات الزجاجية ومع لهب بنسن.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والادوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر. (يفضل أن أنفّذ التجربة منفردًا في يوم سابق).
- أقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المهمات، حيث تنفذ بعض المجموعات التجربة باستخدام (10 g)، من السكر ومجموعات أخرى تنفذ التجربة باستخدام (20 g) من السكر.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّها ومرشدا وأتابع أداءهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوّم أداءهم.
- أطلب إلى المجموعات تبادل البيانات التي حصلوا عليها، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

توجيه: أوجّه الطلبة إلى تركيب جهاز التقطير المبين في الشكل بحذر وبشكل صحيح.

التحليل والاستنتاج:

1. أتتبع قراءة مقياس الحرارة من التجربة العملية. درجة الحرارة للمحلول (20 g) من السكر أعلى منها للمحلول (10 g).
2. نقطة بدء الغليان لمحلول السكر (20 g) أعلى منها لمحلول السكر (10 g).
3. درجة غليان الماء النقي 100 وهي أقل من درجة غليان المحلول.
4. الضغط البخاري للمحلول أقل منه للمذيب النقي (أذكر للطلبة أن التفسير سيتم التطرق اليه بالتفصيل في الدرس الثالث).

الدرس 1

تصنيف المحاليل
Classification of Solutions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أناقش الطلبة في تصنيف المخاليط إلى أنواع مختلفة، ثم أوجّـه لهم السـؤال الآتي: ما الأسـاس الـذي تم الاعتماد عليه لتصنيف المحاليل؟ **إجابات محتملة:** عدد جسيمات المذيب، عـدد جسيمات المذاب، حجم المحلول،...).
- أناقش الطلبة مبينًا لهم أن المحاليل صنفت وفق حالة المذيب الفيزيائية، وحالة الاشباع، والتوصيل الكهربائي، وحجم جسيمات المذاب.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– مم يتكون المحلول؟ **إجابة محتملة:** مذاب ومذيب، مادتين أو أكثر.

- أديرُ نقاشًا مع الطلبة وأبيّن لهم أن المحلول يتكون من مذاب ومذيب مثل محاليل الأملاح.

2 التدريس

◄ المناقشة:

- أوضّح للطلبة أنّ المواد تصنف إلى نقية ومخاليط. ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– ما خصائص المواد النقية؟

– ما المقصود بالمخاليط؟

إجابات محتملة: المواد النقية تخلو من الشوائب، والمخلوط يتكون من مواد عدة.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشهم فيها للتوصل إلى أن **المواد النقية** تتكون من نوع واحد من الجُسيمات، ولها تركيب ثابت ومنتظم، كما في العناصر والمركبات.

المخاليط هي مزيج من مادتين نقيتين أو أكثر تحتفظ كل منهما بخصائصها الكيميائية. وأوضّح لهم أن المواد النقية يصعب بقاءها في الطبيعة بصورة نقية لذلك تختلط مع مواد محيطة بها فتوجد على شكل مخاليط.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (1) الذي يبين عددا من المواد النقية والمخاليط. ثم أسأل الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما اسم المواد الواردة في الشكل؟

– أصنف المواد في الشكل إلى مواد نقية ومخاليط.

- أدون إجابات الطلبة على اللوح، ثم أناقشهم فيها للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

كبريتات الخارصين، دايكرومات البوتاسيوم، بيرمنغنات الصوديوم، فلزّ الصوديوم، تراب في الماء. التراب في الماء مخلوط، أما باقي المواد فهي نقية.

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أن الماء النقي هو الماء الخالي من الملوثات والشوائب المختلفة. أوضّح للطلبة أنّ الماء النقي هو الذي يتكون من من جزيئات الماء H_2O فقط.

طريقة أُخرى للتدريس — **المادة النقية والمخلوط**

- أوضّح للطلبة أن كلوريد الصوديوم مادة نقية تتكون فقط من وحدات الصيغة NaCl، في حين أن ملح الطعام مادة غير نقية (مخلوط)، تتكوّن من وحدات الصيغة NaCl إضافة إلى يوديد البوتاسيوم KI.

الفكرة الرئيسة:
المحاليلُ مخاليطُ مُتَجانِسة، وَتُقسَمُ إلى أنواع مختلفة وَفقَ حالة المُذيب الفيزيائيّة وحالة الإشباع والتوصيل الكهربائيّ وحجم جُسيمات المُذاب.

نتاجاتُ التعلُّم:
- أُصَنِّفُ الموادَّ إلى نقيّةٍ ومخاليطَ مُتَجانِسةٍ وغيرِ مُتَجانِسة.
- أُصَنِّفُ المحاليلَ وَفقَ خصائصَ محدّدة.
- أستنتجُ العوامل المؤثرة في ذائبيّة الموادّ الصُّلبة والسائلة والغازيّة في الماء.

المفاهيمُ والمصطلحات:

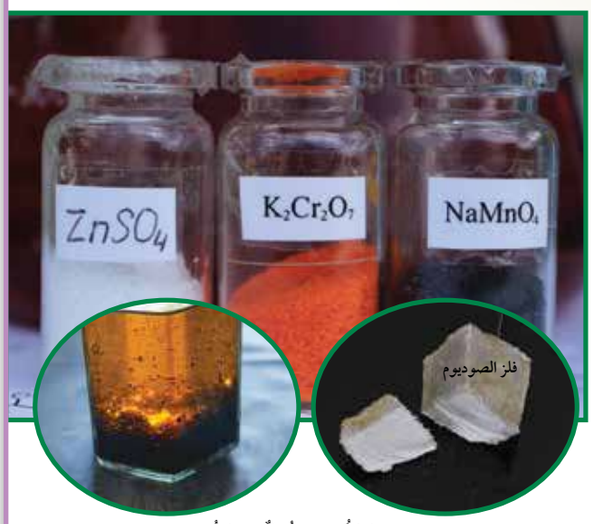
المخاليطُ	Mixtures
مخاليطُ غيرُ مُتَجانِسةٍ	Hetrogeneous Mixtures
المخلوطُ المُعَلَّقُ	Suspension Mixture
المخلوطُ الغَرَويُّ	Colliod Mixture
مخاليطُ مُتَجانِسةٌ	Homogeneous Mixtures
المحلولُ	Solution
الذائبيّةُ	Solubility
قانون هنري	Henry's Law

المخاليط Mixtures

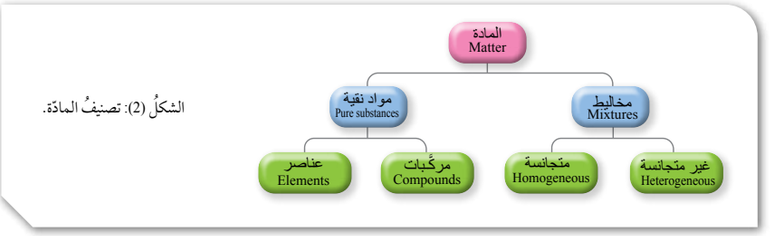
توجد الموادُّ من حولنا على شكل مخاليط، فالماءُ الذي نشربُهُ والعصائرُ الصناعيّةُ والعقاقيرُ الطبيّةُ وغيرُها ما هي إلّا أمثلةٌ على المخاليط. فما المخلوط؟ وما أنواعُ المخاليط؟ وكيف تُصَنَّفُ؟

تُصَنَّفُ الموادُّ تبعًا لتركيبها إلى موادَّ نقيّةٍ ومخاليط، فالموادُّ النقيّةُ تتكوّنُ من نوع واحد منَ الجُسيمات، ويكون لها تركيبٌ ثابتٌ ومنتظم، مثل العناصر والمُركّبات.

إلّا أنه يصعُبُ بقاءُ الموادّ في الطبيعة بصورة نقيّة؛ فهي تختلطُ معَ الموادّ المحيطة بها، وينشأُ نتيجةً لذلك ما يُعرف **بالمخاليط Mixtures**، التي تتكوّنُ من مزيج من مادّتين نقيّتين أو أكثر، تبقى كلٌّ منها محتفظةً بخصائصها الكيميائيّة، ويبيِّنُ الشكل (1) عددًا منَ الموادّ النقيّة والمخاليط.



الشكلُ (1): موادُّ نقيّةٌ ومخاليطُ.



الشكلُ (2): تصنيفُ المادّة.

يختلفُ تركيبُ المخلوط تبعًا لاختلاف نِسَبِ الموادّ المُكوّنة له، وكيفيّةِ توزيع مُكوّناته، فبعضُها يمكنُ تمييزُ مُكوّناتها، مثل مخلوط الماء والتراب أو مخلوط الخَلّ والزيت، وبعضُها الآخرُ يصعُبُ تمييزُ مُكوّناته، مثل محلول ملح الطعام أو كبريتات النُّحاس.

أنواعُ المخاليط Types Of Mixtures

عرفتُ في ما سبق أنّ المخلوط يتكوّنُ من مزيج من مادّتين أو أكثرَ منَ الموادّ النقيّة، تحتفظُ كلٌّ منها بخصائصها الكيميائيّة. وَتُقسَمُ المخاليطُ إلى قسمين؛ المخاليطِ المُتَجانِسة، والمخاليطِ غيرِ المُتَجانِسة، أنظرُ الشكلَ (2).

المخاليطُ غيرُ المُتَجانِسة Heterogenous Mixtures

تتكوّنُ **المخاليطُ غيرُ المُتَجانِسةِ Heterogenous Mixtures** من مادّتين أو أكثرَ منَ الموادّ النقيّة لا تمتزجُ مُكوّناتها امتزاجًا تامًّا؛ إذ تحتفظُ كلٌّ منها بخصائصها الكيميائيّة وتبقى في المخلوط متمايزةً عن غيرها منَ المُكوّنات، ويمكن تَعَرُّفُ نوعين أساسيين منَ المخاليط، هما: المخلوطُ المُعَلَّق، والمخلوطُ الغَرَويّ.

الشكلُ (3): مخلوط غيرُ متجانس.

المخلوطُ المُعَلَّق Suspension Mixture لا تمتزج مُكوّناته معَ بعضها بعضًا، وتتوزّعُ على نحوٍ غيرِ منتظم في أجزائه، ويمكن فصلُ مُكوّناته بعمليّة الترشيح؛ بسبب كِبَرِ حجم جُسيماته التي يزيدُ قطرُها على (1000 nm)، كما يمكنُ أن تترسّبَ في أسفلِهِ بفعل الجاذبيّة إذا تُركت من غير تحريكٍ مدّةً منَ الزمن، ومثالُ ذلك مخلوطُ التراب والماء، كما يمكنُ أن تنفصلَ مُكوّناتُ المخلوطِ المُعَلَّقِ إلى طبقتين واضحتين أو أكثرَ يمكن رؤيتُها بالعين المُجرّدة إذا تُركت مدّةً من غيرِ تحريك، أنظرُ الشكل (3).

نشاط سريع

- أحضر انبوب اختبار يحتوي (20 ml) من الماء، ثم أضع فيه بلطف كمية من التراب ثم بعض القطع من الطباشير ثم (8 ml) من الزيت وأحرّك الأنبوب، وأطلب إلى الطلبة ملاحظة ما يحدث، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي: هل يمكن تمييز كل طبقة في المخلوط بالعين المجردة؟

معلومة إضافية

في المخاليط؛ ليس بالضرورة أن يكون المذيب هو الماء، فقد يكون المذيب غازا أو سائلا آخر، مثال ذلك؛ جُزيئات الغبار في الهواء، والدهانات التي تتكون من مواد ذائبة في زيت التربنتين.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:

– إلى ماذا تُصنّفُ كل من المخاليط والمواد النقية؟

إجابات محتملة: المخاليط متجانسة وغير متجانسة، والمواد النقية عناصر ومركبات.

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– على ماذا يعتمد تركيب المخلوط؟

إجابات محتملة: تركيب المخلوط يعتمد على نسب مكوناته، وكيفية توزيع المكونات،فبعضها يمكن تمييز مكوناته مثل مخلوط الماء والتراب، وبعضها يصعب تمييز مكوناته مثل محلول ملح الطعام.

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ما المقصود بكل من المخاليط غير المتجانسة والمخلوط المعلّق؟ **إجابات محتملة:** محلول غير منتظم في اجزاءه، محلول تتعلق جسيماته في المحلول.

استمع إجابات الطلبة وأناقشها معهم، للتوصل إلى إن المخلوط غير المتجانس يتكون من مادتين أو أكثر من المواد النقية التي لا تمتزج مكوناتها امتزاجا تاما، وتحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية. وتبقى متمايزة في المخلوط.

أما المخلوط المعلق؛ فلا تمتزج مكوناته ببعضها وتتوزع بشكل غير منتظم في أجزائه، ويمكن فصل مكوناته بعملية الترشيح بسبب كبر حجم جسيماته (قطرها أكبر من 1000nm).

ثم أبيّن أنه تترسب جسيماته بفعل الجاذبية إذا تُركت من غير تحريك، ويمكن أن تنفصل مكونات المخلوط المُعلّق إلى طبقتين واضحتين أو أكثر يمكن رؤيتها بالعين المجردة إذا تركت مدة من غير تحريك.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (3) وأسألهم: ما عدد الطبقات التي انفصلت اليها مكونات المخلوط المعلق؟ الإجابة من الشكل: 3 طبقات وهي (تراب، ماء، زيت)

المناقشة:

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**، فأقسّم الطلبة في مجموعات، وأحدد لكلٍّ مجموعة سؤالًا للإجابة عنه من الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالمخلوط الغروي؟
- كيف تُصنّفُ المخاليط الغروية؟
- ما المقصود بالحركة البراونية؟
- ما الفرق بين المخاليط الغروية المركزة والمخفّفة؟
- أُكلّف فرد من كل مجموعة بعرض ما توصلت اليه مجموعته، ثم أديرُ نقاشًا مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات؛ المخلوط الغروي: جسيمات تنتشر خلال وسط انتشار، وقطر الجُسيمات؛ (1 nm – 1000 nm)، ولا يمكن فصلُها بالترشيح ولا تترسب. وأن المخاليط الغرويّة صُنّفت تبعا لحالة الجُسيمات المنتشرة ووسط الانتشار(صُلب، غاز، سائل). وتتحرّك جُسيمات المخلوط في السائل حركة عشوائية في الاتجاهات كافة. وأن المخاليط المركزة: عَكِرة ومُعتمة، والمخففة صافية وشفافة.

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (4) وأطرح عليهم السؤال الآتي:

- ما المقصود بظاهرة تندال؟ **إجابة محتملة:** تشتيت الضوء.

أديرُ نقاشًا مع الطلبة؛ للتوصل إلى تشتت حزمة الضوء عند مرورها في المخلوط الغروي، وعدم تشتتها عند مرورها في مخلوط مثل كلوريد الصوديوم (متجانس).

قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الجدول (1) وأناقشهم في تصنيف المخاليط الغروية وفق حالة الجُسيمات المنتشرة ووسط الانتشار ومثال على كل صنف.

الربطُ بالحياة

أستعين بموضوع الربط بالحياة، وأوضّح للطلبة أنّ تشتُّت الضوء خاصية للمخاليط الغروية تحدث في الطبيعة خلال مرور الضوء عبر جسيمات الضباب، ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة بوضوح في بعض الغابات، كما يمكن ملاحظة ظاهرة تندال في أيام الضباب (في الشتاء) عند إضاءة المصابيح وخاصة مصابيح السيارات.

الشكلُ (4): ظاهرةُ تندال في المخلوط الغَرَوِيّ.

المخلوطُ الغَرَوِيّ Colliod Mixture يتكوّنُ من جُسيمات تنتشرُ خلالَ مادّة أُخرى تسمّى وسطَ الانتشار، يتراوحُ قطرُها بين (1 nm – 1000 nm)؛ لذلك لا يمكنُ فصلُها بالترشيح، ولا تترسّبُ كما في المخلوط المُعَلَّق، ومثالُ ذلك الضباب؛ حيث يتكوّنُ من قطرات ماء صغيرة جدًّا منتشرةٍ في الهواء. ويمكنُ تصنيفُ المخلوط الغَرَوِيِّ، تبعًا لحالة الجُسيمات المنتشرةِ ووسط الانتشار، إلى صُلب، وسائل، وغاز، كما هو موضَّحٌ في الجدول (1)، الذي يبيِّنُ أمثلةً على المخاليط الغروية.

تمتازُ جُسيمات المخلوط الغَرَوِيِّ بالحركة البراونيّة؛ حيث تتحرّكُ في السائل حركةً عشوائيّة في جميع الاتجاهات، وتتصادمُ معَ جُسيماته ممّا يمنعُ ترسُّبَها. وتظهرُ المخاليط الغَرَوِيّةِ المُركّزة عَكِرَةً وَمُعتمة، أمّا المُخفّفةُ منها فتظهرُ صافيةً وشفّافةً وَتُشَتِّتُ الضَّوءَ عند مرور حُزمةٍ ضَوئيّة خلالَها في ما يُعرَفُ بظاهرة تندال، أنظرُ الشكل (4)؛ حيث يُلاحَظُ بوضوح تَشَتُّتُ حُزمة الضَّوء عند مرورها في المخلوط الغَرَوِيّ، في حين لا يُلاحَظُ ذلك الأثرُ عند مرور حُزمةٍ منَ الضَّوء عبرَ محلولٍ من كلوريد الصوديوم (مخلوط مُتَجانِس).

الجدول (1): أمثلةٌ على المخاليط الغَرَوِيّة.

حالة الجُسيمات المنتشرة	حالة وسط الانتشار	مثال
سائل	غاز	الضباب
صُلب	غاز	الرماد
غاز	صُلب	حجر الخفاف
سائل	سائل	الحليب

الربطُ بالحياة

ظاهرةُ تندال في الطبيعة

يُعَدُّ الضبابُ مخلوطًا غَرَوِيًّا، تَتَشَتَّتُ الأشعةُ الضوئيّةُ عند مرور الضَّوء خلالَ جُسيماتِه، ويمكنُ مُلاحظةُ هذه الظاهرةِ بوضوح في بعض الغابات، كما يظهرُ في الصورة.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

يمكن تصنيف الغرويات إلى صلب، وسائل، وغاز، تبعا لحالة الجُسيمات المنتشرة ووسط الانتشار، وللغرويات أسماء شائعة، كما هو موضح في الجدول الآتي:

الاسم	حالة التشتت	مثال
هلام	صلب في سائل	الجيلاتين
رغوة	غاز في سائل	معجون الحلّاقة، كريمة مخفوقة
الهباء الجوي الصلب	صلب في غاز	الدخان
الهباء الجوي السائل	سائل في غاز	ضباب، غيوم
مستحلب صلب	سائل في صلب	الجبن، الزبدة
مستحلب سائل	سائل في سائل	الحليب، المايونيز

المخاليطُ المُتَجانِسة (Homogeneous Mixture (Solution:

يتكوّن **المخلوطُ المُتَجانِسُ Homogeneous Mixture** من مادّتين أو أكثرَ لا يحدثُ بينهما تفاعلٌ كيميائيّ، ويسمى المخلوط المتجانس **محلول Solution**، وتنتشرُ جُسيماتُ المُذاب على نحوٍ منتظم ومتماثل في جميع أنحاء المُذيب لذلك يكون المحلولُ مُتَجانِسًا في التركيب والخواصّ. ويتراوح قطرُ جُسيمات المُذاب في المحلول (0.1-1 nm)؛ لذلك لا تُرى بالعين المُجرّدة أو المِجهر، ولا يمكنُ فصلُ مُكوّنات المحلول بالترشيح؛ وذلك لِصِغَرِ حجم جُسيماته. ومن أمثلة المحاليل المحلولُ الناتجُ من إذابة السُّكّر في الماء، وكذلك الكثيرُ منَ المحاليل التي تُستخدم في المختبرات الكيميائيّة.

تصنيفُ المحاليل:

تختلفُ المحاليلُ في خصائصها وأنواعها، وَتُصَنَّفُ وَفقَ حالة الإشباع إلى محاليلَ غيرِ مشبعة ومحاليلَ مشبعة ومحاليلَ فوقَ الإشباع؛ وذلك تبعًا لنسبة المُذاب في المُذيب؛ فالمحلول غير المشبع Unsaturated Solution، هو المحلول الذي يستوعبُ زيادةً منَ المُذاب عند درجة الحرارة نفسِها، وإذا كان لا يستوعبُ زيادةً منَ المُذاب عند درجة الحرارة نفسِها فيسمّى المحلولَ المشبع Saturated Solution، في حين إذا كان يحتوي على زيادة منَ المُذاب أكثرَ ممّا يمكنُ إذابتُهُ عند درجة حرارة معيّنة في ظروف معيّنة فيسمّى المحلولَ فوق الإشباع Super Saturated Solution.

تُصَنَّفُ المحاليلُ أيضًا وَفقَ قابليّتِها للتوصيل الكهرَبائيّ إلى نوعين، هما: المحاليلُ الكهرليّة Electrolyte Solutions، وهي التي توصلُ التيارَ الكهرَبائيّ، سواء كان التوصيل بدرجة قويّة أو بدرجة ضعيفة، والمحاليلُ اللاكهرليّة Non- Electrolyte Solutions، وهي التي لا توصلُ التيارَ الكهرَبائيّ.

يمكنُ كذلك تصنيفُ المحاليل تبعًا لحالة المُذيب الفيزيائيّة إلى محاليلَ صُلبة أو سائلة أو غازيّة؛ فسبيكةُ الفولاذ -مثلًا- محلولٌ صُلبٌ يتكوّنُ منَ الحديد والكربون وبعض العناصر الأُخرى، يكون فيه الحديدُ هو المُذيب؛ فهو يشكّلُ النسبة الأكبرَ بين المُكوّنات، وكذلك

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدام برنامج صانع الأفلام (movie maker)، يوضّحُ تصنيفَ المادّة إلى موادَّ نقيّة (عناصر وَمُرَكّبات) وموادَّ غيرِ نقيّة (مخاليط مُتَجانسة وغيرُ مُتَجانسة)، ويشتملُ على مُخَطَّطٍ مفاهيميٍّ ومفهومٍ كلٍّ منها وصورٍ لأمثلة، بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: التعلم المتبادل**

أوضح للطلبة أن توزيع المهمات أثناء العمل يتيح لأفراد المجموعة المشاركة الفاعلة في إنجاز العمل، ويوفر فرصة التعلم لهم جميعا.

أخطاء شائعة

قد لا يميز بعض الطلبة بين مفهوم المحلول والمخلوط، حيث يستخدمون كلمة محلول لوصف الغروِيّات والمُعلّقات. أوضح للطلبة مثلًا أنّ المُعلقات مثل الطباشير في الماء، والتراب في الماء تُسمى مخلوط وهو غير متجانس التركيب، أما المحلول فهو متجانس التركيب مثل محلول ملح الطعام.

نشاط سريع

- أحضر ثلاثة محاليل: ملح الطعام ،السكر في الماء، كبريتات النحاس، ثم أعرضها على الطلبة وأسألهم السؤالين الآتيين:
  - هل يمكن رؤية جسيمات المحلول بالعين المجردة؟
  - هل يمكن فصل مكونات المحلول بالترشيح؟
- أديرُ نقاشًا مع الطلبة؛ للتوصل إلى أن جسيمات المحلول: لا ترى بالعين المجردة، ولا يمكن فصلها بالترشيح.

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما المقصود بالمخلوط المتجانس؟ **إجابة مُحتملة:** مخلوط منتظم، مخلوط متشابه في المكونات.

أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن المخلوط المتجانس: مادّتان أو أكثرَ لا يحدثُ بينهما تفاعلٌ كيميائيّ، ويسمى المخلوط المتجانس محلول، وتنتشرُ جُسيماتُ المُذاب على نحوٍ منتظم ومتماثل في أنحاء المُذيب جميعها، لذلك يكون المحلولُ مُتَجانِسًا في التركيب والخواصّ.

- أوجّه إلى الطلبة السؤال الآتي:
  - ما تصنيف المحاليل؟ **إجابة مُحتملة:** صُلبة، سائلة، غازية.

أستمع لإجابات الطلبة المحتملة، وأديرُ نقاشًا معهم للتوصل إلى أنّ: المحاليل صنفت وفق حالة الاشباع إلى: مُشبع وغير مشبع وفوق الإشباع؛ ووفق قابلية التوصيل الكهربائي إلى: كهرلية و لاكهرلية، ووفق حالة المذيب الفيزيائية إلى: صلب، وسائل،وغاز.

- أوجّه الطلبة إلى تنفيذ موضوع التعلم وإعداد فيلم قصير باستخدام برنامج صانع الأفلام movie maker، وأحدد لهم موعدا لعرضه ومناقشته في الغرفة الصفية أو مختبر الحاسوب.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الجدول (2)، تصنيف المحاليل تبعا لحالة المذيب .وأناقشه معهم؛ للتوصل إلى حالة المحلول: صلب، أو سائل، أوغاز. وحالة المذيب والمذاب، ومثال على كل حالة.

◄ المناقشة:

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني** حيث أوزّع الطلبة في مجموعات (4–6) أفراد، وأُكلّف كل مجموعة الإجابة عن أحد الأسئلة الآتية في مدة 5 دقائق:
  - ما أهمية المحاليل السائلة؟
  - علام يعتمد ذوبان المادة الصُلبة في الماء؟
  - ما المقصود بالذائبية؟
  - تعرض كل مجموعة إجاباتها، ثم أديرُ نقاشًا معهم للتوصل إلى:
- المحاليل السائلة يكون فيها المذيب ماء وهي أكثر المحاليل استخداما في التفاعلات والمختبرات الكيميائية.
- الماء مذيب لكثير من المواد الصُلبة؛ ويعتمد ذلك على طبيعة المادة ودرجة الحرارة، وتعتمد طبيعة المادة على نوع قوى الترابط بين جسيماتها مما يؤثر في ذائبيها.
- الذائبية هي أكبر كتلة من المذاب يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب (الماء)، في درجة حرارة معينة، أو تعرّف بأنها كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة.

طريقة أخرى للتدريس — **تصنيف المحاليل**

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**، حيث أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أزود كل مجموعة ببطاقات تتضمن المعلومات الآتية: حالة المحلول، وأمثلة عليها، ثم أطرح السؤال الآتي على الطلبة: ما حالة كل من المذاب والمذيب ؟
- أُكلّف أحد أفراد المجموعة بعرض ما توصلت اليه مجموعته.
- أديرُ نقاشًا بين مجموعات الطلبة للتوصل إلى حالة المذيب، وحالة المذاب كما في الجدول 2.

الجدول (2): تصنيفُ المحاليل تبعًا لحالة المُذيب وأمثلةٌ عليها.

حالة المحلول	المُذاب	المُذيب	مثال
صُلب	صُلب	صُلب	النُّحاس في الذَّهب
	سائل	صُلب	الزئبق في الفضّة
	غاز	صُلب	الهيدروجين في البلاتين
سائل	صُلب	سائل	الملح في الماء
	سائل	سائل	الخَلّ في الماء
	غاز	سائل	ثاني أُكسيد الكربون في الماء
غاز	صُلب	غاز	جُسيمات الغبار في الهواء
	سائل	غاز	قطرات الماء في الهواء
	غاز	غاز	الأكسجين في النيتروجين

الهواءُ محلولٌ غازيٌّ يكونُ المُذيب فيه غازَ النيتروجين؛ فهو الوسطُ التي تنتشرُ فيه مُكوّناتُ الهواء المختلفة. ويوضِّحُ الجدول (2) تصنيفَ المحاليل تبعًا لحالة المُذيب ويذكرُ أمثلةً عليها.

وَتُعَدُّ المحاليلُ السائلة التي يكون فيها المُذيب ماءً من أكثر أنواع المحاليل استخدامًا في التفاعلات والمختبرات الكيميائيّة، وتسمّى المحاليلَ المائيّة.

المحاليلُ السائلة:

محلولُ صُلبٍ في سائل:

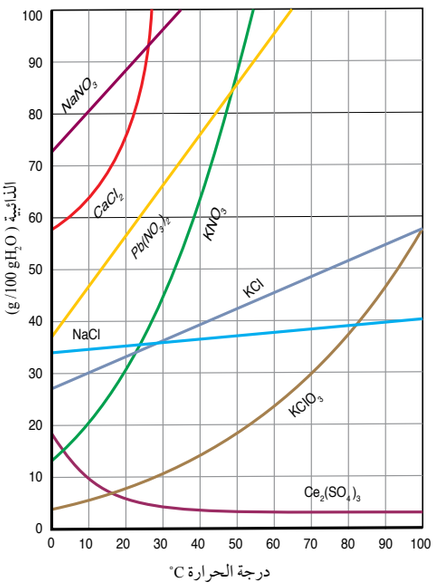
يُذيبُ الماءُ كثيرًا منَ الموادّ الصُّلبة، ويعتمدُ ذوبانُها على عاملين أساسيين، هما: طبيعة المادة، ودرجة الحرارة. وتعتمد طبيعة المادّة على نوع قوى الترابط بين جُسيماتها؛ ما يؤثِّرُ في ذائبيتها في الماء. وتعرفُ **الذائبيّةُ Solubility** بأنها أكبرُ كتلة منَ المُذاب التي يمكن أن تذوبَ في 100 g منَ المُذيب (الماء) في درجة حرارة معيّنة، أو كميّةُ المُذاب اللازمةُ لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معيّنة. وتختلف ذائبيّةُ الموادّ الصُّلبة الأيونيّة (الأملاح) في الماء باختلاف درجة حرارة

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تذوب المركبات الأيونية بوجه عام في الماء، وتتضمن عملية الذوبان تفكك الملح إلى أيونات، وقد تتفاعل بعض الايونات مع الماء وتغير من تركيز أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيد في المحلول؛ فتتغير طبيعة المحلول إلى حمضي أو قاعدي، ويطلق على هذه العملية التميُّه، ويكمن الفرق بين العمليتين أن التميُّه يعدّ ذوبانا، ولكن العكس غير صحيح؛ لأن أيونات قد تنتج عن ذوبان المركب الأيوني، لكنها لا تتفاعل مع الماء.

الشكلُ (5): منحنياتُ الذائبيّة لعدد منَ الأملاح في الماء عند درجات حرارة مختلفة.

ما أكبرُ كميّةٍ من KCl يمكنُ أن تذوبَ في 250 g ماء عند درجة حرارة 80°C؟



المحلول. ويوضِّحُ الشكل (5) منحنياتِ الذائبيّة لعدد منَ الأملاح في 100 g منَ الماء عند درجات حرارة مختلفة.

ألاحظُ منَ الشكل -بوجه عام- أنّ ذائبيّة الأملاح في الماء تزداد بزيادة درجة حرارة المحلول، وتتفاوتُ هذه الزيادة من ملح لآخر، كما هو مبيَّنٌ في الشكل، فمنها ما تُلاحَظُ زيادةُ ذائبيته على نحوٍ كبير، مثل KNO_3، ومنها ما تزداد ذائبيتُهُ على نحوٍ طفيف، مثل كلوريد الصوديوم في حين يُلاحظُ أن ذائبيّة الملح $Ce_2(SO_4)_3$ تقلُّ بزيادة درجة الحرارة.

✓ **أتحقَّق:** ما مقدارُ ذائبية ملح KCl في الماء عند درجة 50°C؟

أبحثُ: أرجِعُ إلى المواقع الإلكترونيّة عبرَ شبكة الإنترنت، ثمّ أُصَمِّمُ تجربةً لقياس تركيز أيون الكلوريد Cl^- في عينةٍ من مياه الشرب، وَأُقارِنُ النتيجةَ بالمواصفاتِ الأردنيّة لمياه الشرب.

تعزيز:

- أعرض على الطلبة جدولا يتضمن مواد وذائبيتها:

المادة	الذائبية g/100g H_2O			
درجة الحرارة °C	0 °C	20 °C	40°C	60°C
$Ca(OH)_2$	0.19	0.17	0.14	0.12
KI	128	144	162	176
Li_2CO_3	1.54	1.33	1.17	1.01
$AgNO_3$	122	216	311	440

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة:

– ماذا يحدث لذائبية هذه المواد بزيادة درجة الحرارة؟

- أستمع لإجابات الطلبة المحتملة: (تزداد، تقل، لا تتغير) ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن بعض المواد تقل ذائبيته مثل $Ca(OH)_2$ و Li_2CO_3 وبعضها تزداد ذائبيته مثل KI و $AgNO_3$)

استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، ثم أبيّن لهم أن ذائبية المواد الصُلبة الأيونية تختلف باختلاف درجة الحرارة. فمنها ما تزداد ذائبيته بشكل كبير، مثل KNO_3 أو زيادة طفيفة، مثل NaCl، ومنها ما تقلّ ذائبيته مثل $Ce_2(SO_4)_3$.

إجابة سؤال الشكل (3):

(130 g)

✓ **أتحقَّق:** رسم خط عمودي من درجة الحرارة 50، حتى يصل إلى منحنى الذائبية، ثم رسم خط أفقي حتى يصل إلى محور السينات الذي يمثل الذائبية؛ فتكون القيمة تقريبا 43 g/100g H_2O.

أخطاء شائعة

قد يخلط بعض الطلبة بين مفهومي الذوبان والانصهار؛ لذلك أوضح للطلبة أن الانصهار: تحول المادة من الحالة الصُلبة إلى الحالة السائلة، أما الذوبان فهو انتشار جسيمات المادة المذابة بين جزيئات المذيب (الماء) بانتظام.

ورقة العمل (1)

أستخدم إستراتيجية التعلم التعاوني، وأقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (1) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ بشكل جماعي، ومناقشة الحلّ بينهم، وأحدد لهم 5 min، ثم أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها وأدير نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

توظيف التكنولوجيا

أوجّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية أو عروض تقديمية لبعض التجارب الكيميائية التي تبين قياس تراكيز الأيونات في الماء، ثم تصميم لوحة إلكترونية لمقارنة النتائج مع المواصفات الأردنية لمياه الشرب، وأحدد لهم موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

نشاط سريع

- أحضر كميتين متساويتين من الكيروسين والكحول الطبي، ثم أضع كل منهما في الماء، ثم أطلب إلى الطلبة وصف ما يحدث، ثم أطرح عليهم السؤالين الآتيين: أيهما يذوب في الماء وأيهما لا يذوب؟ أيهما يكوّن طبقتين منفصلتين؟
- أناقش الطلبة للتوصل إلى أن (الكحول الطبي يذوب، والكيروسين لا يذوب، وأنه يتكون محلول متجانس في حالة الكحول والماء، وطبقتين منفصلتين في حالة الكيروسين والماء).

◄ المناقشة:

- أستخدم **إستراتيجية السقالات التعليمية**، حيث أجزء الدرس إلى أجزاء صغيرة لتسهيل فهمها، وأُكلّف الطلبة إجابة الأسئلة الآتية:
  - أفسّر ذوبان الإيثانول في الماء وعدم ذوبان البنزين؟
  - ما العوامل التي تعتمد ذائبية الغازات في الماء؟
  - ما أثر درجة الحرارة في ذائبية الغازات في الماء؟
- أديرُ نقاشًا مع الطلبة للتوصل إلى أن الإيثانول يذوب في الماء بسبب قطبية جزيئاته، مما يؤدي إلى امتزاجها وتكوين محلول متجانس. في حين أن البنزين غير قطبي، ولا يذوب في الماء؛ فلا يمتزج السائلين ويتكون طبقتين منفصلتين.

ذائبية الغازات تعتمد على طبيعة الغاز المذاب ودرجة الحرارة وضغط الغاز. وبزيادة درجة الحرارة تقلّ ذائبية الغاز في الماء.

◄ قراءة الجداول:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الجدول (3) ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:
  - ما العلاقة بين الكتلة المولية للغازات وذائبيتها في الماء؟

إجابة محتملة: تزداد الذائبية بزيادة الكتلة المولية.

- أديرُ نقاشًا مع الطلبة للتوصل إلى النتيجة الآتية: كلما كانت الكتلة المولية للغاز أكبر زادت ذائبيته.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أناقش الطلبة في الشكل (6)؛ مبينا لهم نقصان ذائبية الغاز بزيادة درجة الحرارة وتفاوت هذه الذائبية تبعا لاختلاف الكتلة المولية للغاز.

إجابة سؤال الشكل (6):

$He < CO < O_2$

محلولُ سائلٍ في سائل:

تذوبُ بعضُ السوائل في الماء، في حين لا تذوبُ فيه سوائلُ أُخرى؛ فمثلًا يذوبُ فيه الإيثانول CH_3CH_2OH لأنّ جُزيئاتِهِ تمتلكُ خصائصَ قطبيّةً فتعملُ روابطَ قويّةً مع جُزيئات الماء القطبيّة؛ ما يؤدّي إلى امتزاجهما وتكوينهما محلولًا مُتَجانِسًا. وفي المقابل لا يذوب البنزينُ C_6H_6 في الماء لأنّ جُزيئاتِهِ لا تمتلكُ خصائصَ قطبيّةً فلا يحدثُ تجاذبٌ بينها وبين جزيئات الماء؛ لذا يكوّنان طبقتين منفصلتين، ولا يمتزجان.

محلولُ غازٍ في سائل:

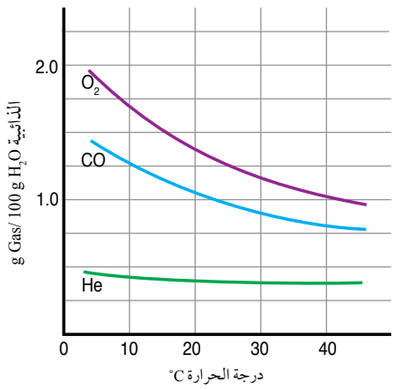
تتفاوتُ الغازاتُ في ذائبيَّتها في الماء، ويعتمدُ ذلك على طبيعة الغاز المُذاب ودرجة الحرارة وضغط الغاز. ويوضِّحُ الجدول (3) الكتلةَ المولِيّةَ لبعض الغازات وذائبيَّتَها في الماء.

بوجهٍ عام، ذائبيَّةُ العديدِ منَ الغازات منخفضةٌ في الماء وتزدادُ بزيادة الكتلة المولِيّة للغاز؛ ويعودُ ذلك إلى زيادة قوى التجاذب بين جُسيمات الغاز وجزيئات الماء. ويوضِّحُ الشكل (6) أثرَ درجة الحرارة في ذائبيّة بعض الغازات؛ حيث تقلُّ ذائبيّة الغازات في الماء بزيادة درجة الحرارة؛ إذ تزدادُ الطاقةُ الحركيّة لِجُسيمات الغاز وتتغلَّبُ على قوى التجاذب بينها وبين جزيئات الماء؛ ما يؤدّي إلى انفلاتها ومغادرتها المحلول.

الجدول (3): الكتلة المولية لبعض الغازات وذائبيَّتها في الماء عند درجة حرارة وضغط ثابتين.

الغاز	الكتلةُ المولِيّة $Mr\ (g\backslash mol)$	الذائبيّة g Gas\ 100 g H_2O
N_2	28	0.018
O_2	32	0.040
CO_2	44	0.140

أفكّر: لماذا يختلفُ طعمُ ماء الشرب عند تسخينه؟



الشكلُ (6): أثرُ درجة الحرارة في ذائبيّة بعض الغازات.

أُرَتِّبُ الغازاتِ في الشكل وَفقَ ذائبيَّتِها في الماء عند درجة حرارة 20°C.

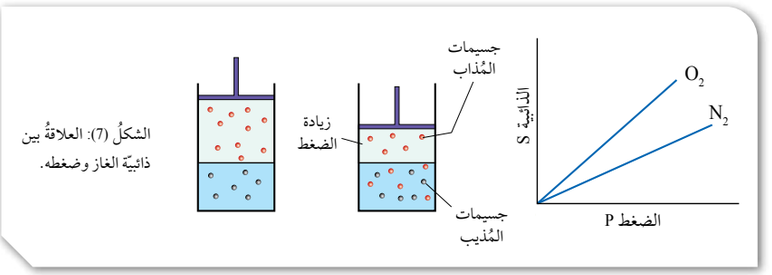
أفكّرُ: يعود الطعم المستساغ لماء الشرب بسبب احتواء الماء على كمية من غاز الأكسجين المذاب فيه. وبارتفاع درجة حرارة الماء تقل ذائبية غاز الأكسجين، ويغادر الماء مسببا تغيرا في الطعم.

طريقة أُخرى للتدريس — **ذائبية الغازات**

- أقسّم الطلبة في مجموعات.
  - اعرض على الطلبة الجدول الآتي:

الغاز	الكتلة المولِيّة للغاز	الذائبية عند درجة حرارة وضغط ثابتين
Ar	40	0.06
Cl_2	71	7.0

  - أطلب إلى كل مجموعة ترتيب الغازات وفق ذائبيتها.
  - أُكلّف المجموعات بعرض النتائج التي توصلت اليها.
- أناقش الطلبة في ترتيب الغازات وفق ذائبيتها وكتلتها المولِيّة للتوصل إلى $Ar < Cl_2$



الشكلُ (7): العلاقةُ بين ذائبيّة الغاز وضغطه.

كما تزدادُ ذائبيّةُ الغازات في الماء بزيادة الضغط الجزئيِّ للغاز؛ فبزيادة الضغط الخارجيّ فوقَ المحلول تزدادُ ذائبيّةُ الغاز في المُذيب. وقد تمكّنَ العالِمُ هنري من إيجاد علاقة بين ذائبيّةِ الغاز وضغطه المؤثِّرِ في سطح السائل في ما يُعرَفُ **بقانون هنري Henrys Law**، الذي ينصُّ على أنّ «ذائبيّةَ الغاز في سائل ما تتناسبُ طرديًّا معَ الضغط المؤثِّرِ في سطح السائل عند ثبات درجة الحرارة». أنظرُ الشكل (7)، الذي يوضِّحُ العلاقة بين ذائبيّة الغاز وضغطه.

وتعتمدُ قيمة ثابت هنري على نوع الغاز ودرجة الحرارة؛ فمثلًا، تحتوي عبوّةُ المشروب الغازيِّ على كميّة من غاز ثاني أُكسيد الكربون CO_2 المُذاب في الماء تحت ضغط أعلى منَ الضغط الجويّ، وعندما تكونُ مغلقةً فإنّ ضغط جُسيمات الغاز فوقَ المحلول يعملُ على إبقاء الغاز ذائبًا فيه، وفي المقابل عند فتحها يقلُّ ضغطُ الغاز المُذاب وَيُلاحظُ تصاعدُ فُقاعاتِه. وَيُعَبَّرُ عن قانون هنري كما يأتي:

ذائبيّة الغاز = ثابت هنري × ضغط الغاز

$$S = K_H \times P$$

(S) ذائبيّة الغاز، وَتُقاسُ بوحدة g/L

(P) ضغط الغاز، وَيُقاسُ بوحدة atm

K_H ثابت هنري

ويمكنُ التعبيرُ عنِ القانون عند درجة حرارة ثابتة بالصيغة:

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

(S_1) ذائبيّة الغاز عند ضغط (P_1)

(S_2) ذائبيّة الغاز عند ضغط (P_2)

113

معلومة إضافية

تحتوي الإسطوانة التي يحملها الغواص تحت الماء على غازي الاكسجين والنيتروجين؛ وعندما يغوص إلى أعماق كبيرة يزداد الضغط المؤثر في جسم الغواص؛ فتزداد ذائبية غاز النيتروجين في الدم، ويتجمع جزء من هذا الغاز في المفاصل مسببا ألما حادا، وللتقليل من آثار هذه المشكلة يستخدم غاز الهيليوم بدل غاز النيتروجين؛ لأنه أقل ذائبية من غاز النيتروجين في الدم، لذلك تستخدم حاليا أسطوانات تحتوي على غازي الاكسجين والهيليوم.

◄ استخدام الصور والأشكال:

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

– ما العلاقة بين ذائبية الغاز وضغطه؟ علاقة طردية.

أتقبّل إجابات الطلبة، وأبيّن لهم زيادة ذائبية الغاز في الماء بزيادة الضغط الجزئي للغاز.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بقانون هنري؟ قانون هنري (ذائبيّةَ الغاز في سائل ما تتناسبُ طرديًّا معَ الضغط المؤثِّرِ في سطح السائل عند ثبات درجة الحرارة).

– ما العوامل التي يعتمد عليها قانون هنري؟ يعتمد على نوع الغاز ودرجة الحرارة.

– ما الصيغة الرياضية لقانون هنري؟

- أوجه الطلبة للرجوع إلى الكتاب لمتابعة الإجابات وهي: يعبّر عنه بالقانون الآتي:

ذائبية الغاز = ثابت هنري × ضغط الغاز

$$S = K_H \times P$$

ويمكن التعبير عنه:

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

- أوجّه انتباه الطلبة إلى قراءة الفقرة الخاصة بعبوة المشروب الغازيّ، ثم أديرُ نقاشًا معهم؛ للتوصل إلى أن العبوة تحتوي على غاز CO_2 المذاب تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح العبوة يقلّ ضغط الغاز المذاب وتتصاعد فقاعاته.

الربطُ بعلم الأحياء

- أوجه الطلبة إلى قراءة موضوع الربط بالحياة قراءة صامته، ثم أديرُ نقاشًا معهم موضحا لهم أن الفيتامينات صنفت وفق قابليتها للذوبان في الماء أو الدهن، وأكلف كل طالب بعمل مقارنة بين الفيتامينات الذائبة في الماء والذائبة في الكحول، وكتابة تقرير بذلك وأحدد لهم موعدًا لعرضه في الغرفة الصفية.

المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (1)، وأناقشه معهم، ثم أطلب إليهم حل المثال الإضافي.

مثال إضافي

إذا كانت ذائبية غاز ما في الماء عند درجة حرارة 25 °C، وضغط 3 atm هي 0.018 g/L، فما ذائبيته عند ضغط 1.5 atm؟

المطلوب: حساب ذائبية الغاز S_2

الحلّ:

$$\frac{S_2}{P_2} = \frac{S_1}{P_1}$$

$$\frac{S_2}{1.5} = \frac{3}{0.018}$$

$$S_2 = 250 \text{ g/L}$$

✓ أتحقَّق:

$$\frac{S_2}{P_2} = \frac{S_1}{P_1}$$

$$\frac{S_2}{2.1} = \frac{0.15}{1.02}$$

$$S_2 = 0.31 \text{ g/L}$$

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن قانون هنري، وتطبيقاته، ثم أشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الربطُ بعلم الأحياء

ذائبيّةُ الفيتاميناتِ في الماء

يحتاجُ جسمُ الكائن الحيِّ إلى الفيتاميناتِ للمحافظةِ على صحته وحمايته مِنَ الأمراض، وَتُصَنَّفُ الفيتاميناتُ بحسبِ قابليَّتِها للذوبان في الماء أو الدّهن؛ فالذائبةُ في الماء، مثلُ فيتامينات (B، C)، لا يستطيعُ الجسمُ تخزينَها والاحتفاظَ بها لوقت طويل؛ لذلك مِنَ الضروريِّ تناولُ الوجباتِ اليوميّةِ المحتويةِ عليها، في حين أنّ الفيتاميناتِ الذائبةَ في الدُّهون، مثلِ (E، K، D، A)، تمتصُّها الأمعاءُ بمساعدة الدّهون، وهي تُخَزَّنُ في الجسم فترةً طويلة؛ ولذلك يُفَضَّلُ تناولُ فيتامين D –مثلًا– خلالَ وجبةٍ تحتوي على الدُّهنيّات.

المثال 1

إذا كانت ذائبيّةُ غاز ما في الماء عند درجة حرارة 25 °C وضغط 1.5 atm هي 0.65 g/L، فما ذائبيّتُهُ عند ضغط 0.5 atm؟

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

ذائبيّة الغاز $S_1 = 0.65 \text{ g/L}$

ضغط الغاز $P_1 = 1.5 \text{ atm}$

ضغط الغاز $P_2 = 0.5 \text{ atm}$

المطلوب: حسابُ ذائبيّةِ الغاز S_2

الحلّ: بالتعويض في القانون

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

$$\frac{0.65}{1.5} = \frac{S_2}{0.5}$$

$$S_2 = 0.217 \text{ g/L}$$

✓ أتحقَّق: إذا كانت ذائبيّةُ غاز ما 0.15 g/L عند ضغط 1.02 atm، فما ذائبيّتُهُ عند ضغط 2.10 atm؟ علمًا أنّ درجة الحرارة ثابتة.

مراجعة الدرس

1 المخلوط المتجانس تنتشر جسيمات المذاب بشكل منتظم ومتماثل في انحاء المذيب كافة، أما في المخلوط غير المتجانس لا تمتزج مكوناته امتزاجا تاما.

2 **المخلوط المتجانس**: يتكوّن من مادتين أو أكثر لا يحدث بينهما تفاعل كيميائي، حيث تنتشر جُسيمات المذاب بشكل منتظم ومتماثل في أنحاء المذيب كافة.

المخلوط غير المتجانس: يتكوّن من مادتين أو أكثر من المواد النقية، لا تمتزج مكوناتها امتزاجا تاما، حيث تحتفظ كل منها بخصائصها الكيميائية، وتبقى في المخلوط متمايزة عن غيرها من المكونات.

الذائبية: أكبر كتلة من المذاب التي يمكن أن تذوب في 100 g من المذيب (الماء) في درجة حرارة معينة. أو كمية المذاب اللازمة لعمل محلول مشبع عند درجة حرارة معينة.

3

	المعلق	الغروي	المحلول
حجم الجُسيمات	≤1000	1–1000 nm	0.1–1 nm
الترشيح	يترشح	لا يترشح	لا يترشح
تشتيت الضوء	غالبا يشتت الضوء	يشتت الضوء	لا يشتت الضوء

4

المحلول	التصنيف
العملة الفلزّية	صلب
ثاني أكسيد الكربون في الهواء	غاز
كبريتات النحاس في الماء	سائل
محلول الايثانول	سائل

مراجعة الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسة**: أوضِّحُ الفرق بين المخاليط المتجانسة وغير المتجانسة.

2 - أوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ الآتي:
المخلوط المُتَجانِس، المخلوط غير المُتَجانِس، الذائبيّة.

3 - **أُقارنُ** بين جُسيماتِ المخلوطِ المُعَلَّقِ والمخلوطِ الغَرَويِّ والمحلول، من حيثُ: حجمُها، وفصلُها بالترشيح، وتشتيتُها الضَّوءَ.

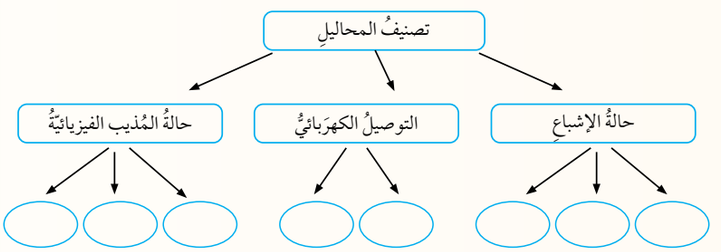
4 - **أُصَنِّفُ** المحاليلَ الآتية تبعًا لحالة المُذيب الفيزيائيّة إلى محاليلَ صُلبة، وسائلة، وغازيّة:
العملةُ الفِلزيّة، ثاني أُكسيد الكربون في الهواء، كِبريتاتُ النُّحاس في الماء، محلولُ الإيثانول.

5 - يبيِّنُ الجدولُ الآتي ثلاثةَ غازات وَكُتَلَها الموليّةَ عند الظروف نفسِها منَ الضغط ودرجة الحرارة.

الغاز	A	B	C
الكتلة الموليّة g/mol	40	71	4

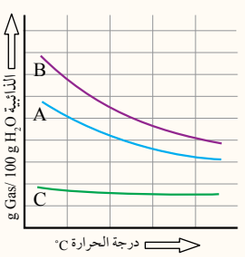
أ . أُحَدِّدُ الغازَ الذي له أعلى ذائبيّةٍ في الماء.
ب . أرسمُ ثلاثةَ مُنحنياتٍ تمثِّلُ ذائبيّةَ الغازات الثلاثة عند درجات حرارة مختلفة.

6 - أُكمِلُ المُخَطَّطَ المفاهيميَّ الآتي:

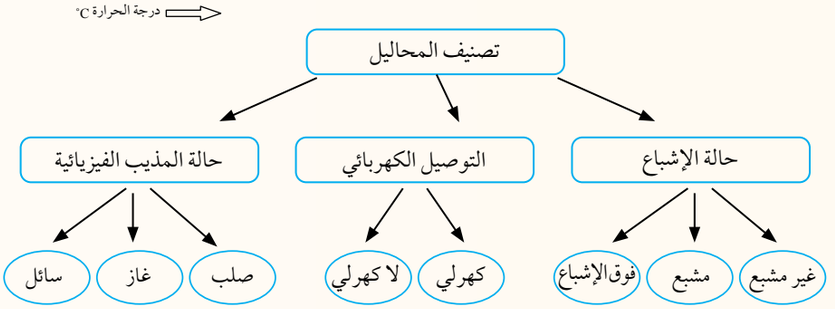


5 أ . B

ب.



6



الدرس 2

تركيز المحاليل
Concentration of Solutions

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة الفكرة الرئيسة، وأناقشهم في طرائق التعبير عن تركيز المحاليل لكسر المولي، النسبة المئوية، المولارية، المولالية.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- أمهّد للدرس بمراجعة الطلبة في مفهوم المحلول، وأنه يتكون من مذاب ومذيب، وأن المحاليل صُنّفت إلى سائلة وغازية وصُلبة، وفق حالة المُذيب وحالة المُذاب.

2 التدريس

نشاط سريع

أحضر أنبوبي اختبار وأضع في كل منهما 20 mL من الماء المقطر، ثم أُكلّف أحد الطلبة بإضافة ملعقة كبيرة من كبريتات النحاس الزرقاء إلى أحد الأنابيب، وملعقتين منها إلى الأنبوب الآخر ثم تحريك المحلولين. وأطرح على الطلبة السؤال الآتي: ما سبب الاختلاف بين لوني المحلولين؟ أستمع لإجابات الطلبة، ثم أناقشها معهم للتوصل إلى أن اختلاف اللون يُعزى لاختلاف كمية المذاب في المحلول؛ فكمية المذاب في المحلول الأول أكبر، لذلك يظهر أزرقا غامقا مقارنة بالمحلول الثاني؛ أزرق فاتح.

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة: أي المحلولين أكثر حلاوة؛ محلول يحتوي 20 g من السكر في 50 mL من الماء، أم محلول يحتوي 40 g منه في الحجم نفسه؟

الإجابة المحتملة: محلول 40

- أوضّح للطلبة أثر كمية السكر المذابة على طعم المحلول؛ فكلما زادت كمية السكر المذابة كان المحلول أكثر حلاوة، وهذا يعني أن المحلول مركز، في حين إذا كانت كمية السكر المذابة أقلّ يكون المحلول أقلّ حلاوة ويعد محلولًا مخففًا. وبذلك يمكن التعبير عن المحلول وصفيا بمفهوم المحلول المخفف والمحلول المركز، أو كميًا بمعرفة نسبة المذاب إلى المذيب أو المحلول.

◄ الفكرةُ الرئيسة:

يمكنُ التعبيرُ عن تركيز المحلول بالكسر الموليّ، والنسبة المئويّة والمولاريّة والمولاليّة.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

- أحسُبُ تركيزَ المحلول بوحدات الكسر الموليّ، والمولاريّة، والمولاليّة، والنسبة المئويّة.
- أُحضِّرُ مخبريًّا محاليلَ قياسيّةً مختلفة بتراكيزَ مختلفة.

◄ المفاهيمُ والمصطلحات:

المحلولُ المُرَكَّزُ Concentrated Solution

المحلولُ المُخَفَّفُ Diluted Solution

الكسرُ الموليُّ Mole Fraction

النسبةُ المئويّةُ بالكتلةِ Mass Percent

النسبةُ المئويّةُ بالحجمِ Volume Percent

المولاريّةُ Molarity

المولاليّةُ Molality

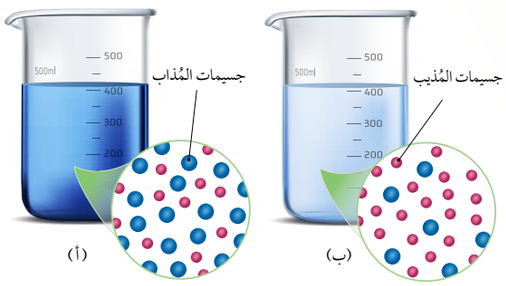
المحاليلُ القياسيّةُ Standard Solutions

التعبيرُ عنِ التركيز Expression of Concentration

تحتاجُ الكثيرُ منَ الصناعات الكيميائيّة، مثل إنتاج الموادّ الكيميائيّة والعقاقير الطبيّة والمنظّفات وغيرها، إلى التعامل معَ تراكيزَ معيّنةٍ منَ المحاليل. فما التركيز؟ وما طرائقُ التعبير عنه؟

يُعَدُّ تركيزُ المحلول مقياسًا للتعبير عن كميةِ المادّة المُذابة في كميّةٍ محدّدة منَ المُذيب أو المحلول. ويمكنُ التعبيرُ عنِ التركيز وصفيًّا بكلمةِ مُخَفَّفٍ أو مُرَكَّز؛ **فالمحلول المركز Concentrated Solution** يحتوي على كميّة كبيرة منَ المادّة المُذابة، في حين يحتوي **المحلول المخفف Diluted Solution** على كميّة قليلة منَ المُذاب في الحجم نفسِه منَ المُذيب؛ فمثلًا، محلولٌ يحتوي على 200 g منَ السُّكّر في حجم 1L منَ الماءِ، وَآخَرُ يحتوي على 20 g منَ السُّكّر في الحجم نفسه، فإنّ طعمَ المحلولِ الأولِ أكثرُ حلاوةً منَ طعمِ المحلولِ الثاني، ويُوصَفُ المحلول بأنّه مُرَكَّز Concentratd، في حين يُوصَفُ المحلولُ الثاني بأنّه مُخَفَّف Diluted. وكذلك يمكنُ ملاحظةُ اختلاف شدّة اللون الأرزق لمحلول كِبريتات النُّحاس المُخَفَّفِ والمحلول المُرَكَّز. ويوضِّحُ الشكل (8) محلولًا مُرَكَّزًا وَآخَرَ مُخَفَّفًا من كِبريتات النُّحاس (II).

يمكنُ أيضًا التعبيرُ عنِ التركيز كَمِّيًّا بِوَصفِهِ نسبةً بين كميّة المُذاب إلى كميّة المُذيب أو المحلول، وذلك باستخدام الطرائق الكميّة؛ الكسرِ الموليّ، أو النسبةِ المئويّة الكتليّة أو الحجميّة أو المولاريّة أو المولاليّة.



الشكلُ (8):
(أ) محلولٌ مُرَكَّزٌ من كِبريتات النُّحاس (II).
(ب) محلولٌ مُخَفَّفٌ من كِبريتات النُّحاس (II).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8/ أ، ب)، ثم أطلب إليهم عدّ الدوائر الحمراء والدوائر الزرقاء التي تشير إلى جسيمات المذاب والمذيب:

الشكل أ؛ المذاب: 18 المذيب: 12

الشكل ب؛ المذاب: 6 المذيب: 20

- أوضّح للطلبة أثر كمية كبريتات النحاس المذابة على لون المحلول، الكمية المذابة الأكبر يكون المحلول غامق اللون مقارنة بالكمية الأقل فيكون اللون فاتح.

◄ تعزيز:

المحلول المركز والمخفف

أذكّر الطلبة بأنه عند تحضير كوب عصير من عبوة العصير المركز تضاف كمية من الماء إليه؛ فيصبح طعمه مستساغًا وأقل حلاوة، مما يعني أنه محلول مخفف.

الكسرُ المولي Mole Fraction

الكسرُ المولي (*X*) **Mole Fraction** هو النسبةُ بين عدد مولات المادّة المُذابة أو المُذيب في المحلول إلى عدد المولات الكليّة للمُذاب والمُذيب. وَيُعَبَّرُ عنه رياضيًّا كما يأتي:

$$X_a = \frac{n_a}{n_a + n_b}$$

$$X_b = \frac{n_b}{n_a + n_b}$$

X_a الكسرُ المولي للمُذيب

n_a عددُ مولات المُذيب

X_b الكسرُ المولي للمُذاب

n_b عددُ مولات المُذاب

المثال 2

إذا علمتُ أنّ غلايكولُ الإيثيلين $C_2H_6O_2$ (EG) يُستخدمُ على نطاق واسع في خفض درجة تجمّد الماء داخلَ مشعِّ السيّارة، وكان عددُ مولات الماء 4 mol وعددُ مولات غلايكول الإيثيلين 1.25 mol، فأحسُبُ الكسرَ المولي لكلٍّ منَ الماء وغلايكول الإيثيلين.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

عددُ مولات الماء = 4 mol

عددُ مولات EG = 1.25 mol

المطلوب: حسابُ الكسر المولي لكلٍّ من H_2O و EG.

الحلّ:

$$X_{H_2O} = \frac{4}{4+1.25} = 0.762$$

$$X_{EG} = \frac{1.25}{1.25+4} = 0.238$$

يمكنُ التعبيرُ عنِ الكسر المولي بنسبةٍ مئويّة؛ فالكسرُ المولي للماء 0.762 يعني أنّ المحلول يحتوي على 76.2% منَ الماء، والكسرُ المولي لغلايكول الإيثيلين 0.238 يعني أنّ نسبته المئويّة 23.8%

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **بناء الشخصية: المشاركة.**

أشجع الطلبة على المشاركة والعمل بروح الفريق، بحيث يبذل كل فرد أقصى جهده لإتمام العمل بأعلى كفاءة؛ من أجل تحقيق الهدف الذي يجمعهم كما في الإجابة عن الأسئلة وحل الأمثلة الاضافية.

معلومة إضافية

مجموع الكسر المولي لجميع المواد الموجودة في التفاعل يساوي 1، ومجموع النسبة المئوية للكسر المولي تساوي 100%، ومثال ذلك لو تفاعلت مادتان وكان الكسر المولي لإحدى المادتين معلوم؛ فإنه يمكن حساب الكسر المولي للمادة الأخرى من العملية لآتية:

الكسر المولي المعلوم – 100% = الكسر المولي المطلوب.

المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوظّف إستراتيجية «**فكر، انتق زميلًا، شارك**»، وأُكلّف كل مجموعة بالإجابة عن الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالكسر المولي؟

– ما القانون الرياضي لحساب الكسر المولي لكلٍّ من المذاب والمذيب؟

- أديرُ نقاشًا مع الطلبة للتوصل إلى مفهوم الكسر المولي: وهو النسبة بين عدد مولات المادة المذابة أو المذيب في المحلول إلى عدد المولات الكُلّية للمذاب والمذيب. ويعبر عن ذلك بالقانون الرياضي:

$$X_a = \frac{n_a}{n_a + n_b}$$

$$X_b = \frac{n_b}{n_a + n_b}$$

حيث X_a الكسر المولي للمذيب، و X_b الكسر المولي للمذاب.

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (2)، ثم أناقشهم في الحلّ، وأُكلّفهم بحل المثال الإضافي.

مثال إضافي

محلول يتكون من 8 mol نترات البوتاسيوم مذابة في 2mol ماء. أحسب الكسر المولي لكلٍّ من الماء ونترات البوتاسيوم في المحلول والنسبة المئوية لهما.

الحلّ:

الكسر المولي للماء (المذيب)

$$X_{H2O} = \frac{2}{2+8} = \frac{2}{10} = 0.2 = 20\%$$

الكسر المولي لنترات البوتاسيوم (المذاب)

$$X_{KNO3} = \frac{8}{2+8} = \frac{8}{10} = 0.8 = 80\%$$

تعزيز:

الكسر المولي

أُكلّف الطلبة بعمل لوحة جدارية تتضمن المقصود بالكسر المولي والصيغة الرياضية للتعبير عنه باستخدام 3 مواد A,B,C.

◄ المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال2، ثم أناقش الحلّ معهم، وأُكلّفهم بحل المثال الإضافي.

مثال إضافي

محلول يتكون من 78 g من الاسيتون C_3H_6O مذابة في 80 g ماء.

أحسب الكسر الموليّ لكلٍّ من الماء والأسيتون في المحلول، علما أن الكتل الموليّة:

$Mr\ H_2O = 18\ g/mol$

$Mr\ C_3H_6O = 60\ g/mol$

الحلّ:

أحسب عدد مولات كل مادة كما يأتي:

$$n = \frac{78\ g \times 1\ mol}{60\ g/mol)} = 1.3\ mol$$

$$n = \frac{80\ g \times 1\ mol}{16\ g/mol} = 5\ mol$$

الكسر الموليّ للماء (المذيب)

$$X_{H2O} = \frac{5}{5 + 1.3} = \frac{5}{6.3)} = 0.79$$

الكسر الموليّ للأسيتون (المذاب)

$$X_{C3H6O} = \frac{1.3}{5 + 1.3} = \frac{1.3}{6.3)}\ (1.3)/(6.3) = 0.21$$

✓ أتحقَّق:

$$X_{H_2O} = \frac{2}{2+2.5} = 0.44$$

$$X_{HCl} = \frac{2.5}{2.5 + 2} = 0.56$$

◄ تعزيز:

الكسر المولي هو نسبة مولية،وليس نسبة كتلية. ولذلك عند اجراء حسابات الكسر المولي فإنه يجب تحويل الكتلة الجرامية إلى عدد من المولات.

المثال 3

أحسُبُ الكسرَ الموليَّ للإيثانول C_2H_6O في محلول تكوّنَ من خلط 300 g منه معَ 27.777 mol منَ الماء. علمًا أنّ الكتلة المولية C_2H_6O $Mr = 46\ g/mol$

تحليلُ السؤال (المُعطيات):

كتلةُ الإيثانول m = 300 g

عددُ مولات الماء n = 27.777 mol

الكتلة المولية (Mr) للإيثانول = 46 g/mol

المطلوب: حسابُ الكسر المولي للإيثانول.

الحلّ:

أحوّلُ كتلة الإيثانول (300 g) إلى مولات n باستخدام القانون:

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

أعوّضُ:

$$n(C_2H_6O) = \frac{300\ g \times 1\ mol}{46\ g} = 6.522\ mol$$

وعليه، فإنّ الكسرَ الموليَّ للإيثانول:

$$X = \frac{6.522}{6.522 + 27.777}$$

$$X = \frac{6.522}{34.299} = 0.19$$

✓ أتحقَّق: أحسُبُ الكسرَ الموليَّ لكلٍّ منَ الماء وَحِمض الهيدروكلوريك HCl في محلول منهما، علمًا أنّ عدد مولات الماء 2 mol وعدد مولات حِمض الهيدروكلوريك 2.5 mol

توظيف التكنولوجيا

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن الكسر الموليّ؛ مفهومه، صيغته الرياضية، وأمثلة عليه، وأهمية استخدامه. وأشارك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو استخدام أحد التطبيقات المناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

118

الشكلُ (9): النسب المئوية لمكوِّنات أحد العصائر.

النسبةُ المئويةُ بالكتلة Mass Percent

تعرف **النسبة المئوية بالكتلة** **Mass Percent (*m* %)** بأنها النسبة المئوية بين كتلة المُذاب إلى كتلة المحلول؛ حيث تساوي كتلة المحلول مجموع كتلتي المُذاب والمُذيب؛ لذا تستعمل النسبة المئوية بالكتلة في التعبير عن تراكيز المحاليل التي يكون فيها المُذاب صُلبًا والمُذيب سائلًا. وغالبًا يُنظَرُ إلى النسبة المئوية بالكتلة بِوَصفِها عدد غرامات المُذاب في 100 g من المحلول؛ فمثلًا، لتحضير محلول من ملح الطعام تركيزه 8% بالكتلة يلزم إذابة 8 g من ملح الطعام في كمية قليلة من الماء المُقَطَّر، ثم إضافة الماء إلى المحلول حتى تصبح كتلته 100 g، وبذلك تكون كتلة المُذيب الفعلية 92 g من الماء. ويوضح الشكل (9) النسب المئوية بالكتلة المكتوبة على عبوّة زجاجية لمكوِّنات محلول أحد العصائر.

ويمكن التعبير عن النسبة المئوية بالكتلة بصيغة رياضية كما يأتي:

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة } (m\ \%) = \frac{\text{كتلة المُذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\ \%$$

$$m\ \% = \frac{m\ of\ solute}{m\ of\ solution} \times 100\ \%$$

الربط بالصحة

يُستخدَم في المستشفيات محلول ملحي فسيولوجي (Normal Saline) بتركيز 0.9 % بالكتلة؛ حيث يُحَضَّرُ المحلولُ بإذابة 0.9 g من ملح NaCl في كمية قليلة من الماء، ثم إضافة الماء إلى المحلول حتى تصبح كتلته 100 g. ويُستخدَم هذا المحلول لتعويض نقص السوائل في الجسم.

بناء المفهوم:

تخفيف المحلول

- أوجّه الطلبة إلى أنه عند تحضير محلول تركيزه 20% بالكتلة؛ فإنه يلزم إذابة 20 g من المادة في كمية قليلة من الماء المقطر، ثم إضافة الماء إلى المحلول حتى تصبح كتلته 100 g؛ وبهذا تكون الكتلة الفعلية للمذيب 80 g.

نشاط سريع

- أعرض على الطلبة مجموعة مختلفة من عبوات العصير، وأوجّههم إلى قراءة مكونات العبوة ونسب وجودها، ثم أطرح عليهم السؤال الآتي:
  - ما النسبة المئوية لمكونات العصير في العبوة؟
- أديرُ نقاشًا مع الطلبة حول مكونات عبوة العصير والنسبة المئوية لوجودها، وأوضّح للطلبة أنّ هذه النسبة هي إحدى طرائق التعبير عن التركيز.

المناقشة:

- أوزّع الطلبة في مجموعات من (6–5) أفراد، ثم أوجّه كل مجموعة إلى إجابة الأسئلة الآتية:
  - ما المقصود بمفهوم: النسبة المئوية بالكتلة؟
  - متى تستعمل في التعبير عن التركيز؟
  - كيف يحضر محلول ملح الطعام تركيزه 8% بالكتلة؟
  - ما الصيغة الرياضية للتعبير عن النسبة المئوية بالكتلة؟
- أوظّف **إستراتيجية التعلّم التعاوني (اثنِ– مرّر)** بعد الإجابة بشكل منفرد (في دقيقتين) عن الأسئلة.
- أوجّه الطلبة إلى ثني ورقة الإجابة وتمريرها إلى زميل مجاور، وبعد قراءة الإجابة تمريرها إلى زميل آخر، وهكذا.
- أُكلّف الطلبة بالتوقف عن تمرير الورقة بعد 10 دقائق.
- أطلب إلى أحد الطلبة قراءة الإجابة.

أتقبّل إجابات الطلبة، وأتأكّد من توصُّلهم إلى الإجابة الصحيحة. النسبة المئوية بالكتلة هي النسبة المئوية بين كتلة المُذاب إلى كتلة المحلول. وتستعمل في التعبير عن تراكيز المحاليل التي يكون فيها المُذاب صلبًا والمُذيب سائلا.

الربط بالصحة

- أوجّه الطلبة إلى قراءة موضوع الربط بالصحة وأطرح عليهم السؤال الآتي:
  - مم يتكون المحلول الملحي الفسيولوجي؟ أدير نقاشًا مع الطلبة؛ للتوصل إلى أن المحلول الملحي يتكون من 0.9 g من كلوريد الصوديوم في محلول كتلته 100 g، ويستخدم المحلول لتعويض نقص سوائل الجسم.

المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثالين (4، 5) وأناقشهم في الحلّ، وأُكلّفهم بحل المثالين الإضافيين الآتيين:

مثال إضافي

أحسب النسبة المئوية بالكتلة للمحلول الناتج من إذابة 15 g من يوديد البوتاسيوم KI في 100 g من الماء المقطر.

الحلّ:

كتلة المحلول:

$$m = 100 + 15 = 150\ g$$

النسبة المئوية بالكتلة:

$$m\% = \frac{15}{150} \times 100\% = 10\%$$

مثال إضافي

أحسب كتلة كلوريد الصوديوم اللازمة لتحضير محلول كتلته 100 g بتركيز 4% بالكتلة.

الحلّ:

$$4\% = \frac{m\ NaCl}{100} \times 100\% = 4g$$

✓ **أتحقّق:**

الحلّ:

كتلة المحلول تساوي مجموع كُتلتي المذاب والمذيب، كما يلي:

$$70 + 230 = 300\ g$$

النسبة المئوية بالكتلة

$$m\ \% = \frac{70g}{300g} \times 100\% = 23.3\%$$

المثال 4

أحسُبُ النسبة المئويّة بالكتلة للمحلول الناتج من إذابة 40 g من كلوريد الصوديوم في 160 g منَ الماء المُقَطَّر.

تحليلُ السؤال (المُعطيات):

كتلةُ المُذاب = 40 g

كتلةُ المُذيب = 160 g

المطلوب: حسابُ النسبة المئويّة بالكتلة للمحلول (m %)

الحلّ:

أحسُبُ كتلةَ المحلول

$$m\ of\ solution = 40 + 160 = 200\ g$$

أحسُبُ النسبة المئويّة بالكتلة

$$m\ \% = \frac{40g}{200g} \times 100\ \% = 20\ \%$$

المثال 5

أحسُبُ كتلةَ هيدروكسيد الصوديوم NaOH اللازمةَ لتحضير محلول كتلتُهُ 60 g بتركيز 3 % بالكتلة.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

كتلةُ المحلول= 60 g

النسبةُ المئويّةُ بالكتلة = 3 %

المطلوب: حسابُ كتلةِ المُذاب NaOH

الحلّ:

أعوّضُ في القانون

$$3\ \% = \frac{m\ NaOH}{60\ g} \times 100\ \%$$

$$m\ NaOH = 1.8\ g$$

✓ **أتحقَّق:** أحسُبُ النسبة المئويّة بالكتلة للمحلول الناتج من إذابة 70 g من نترات البوتاسيوم KNO_3 في 230 g منَ الماء المُقَطَّر.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** مهارات التفكير (التحليل):**

أخبر الطلبة أنّ مهارة التحليل نشاط عقلي يعبَّر عنه بالأداء أو الإجراء الذي يمارسه الإنسان؛ مثال ذلك فهم كيفية تحضير محاليل معلومة التركيز بدلالة النسبة المئوية بالكتلة.

معلومة إضافية

يستخدم العلماء في بعض الدراسات نسبة يطلق عليها جزء من مليون، وتعني كتلة المذاب بوحدة مليجرام لكلِّ كيلوجرام من المذيب، وهذه النسبة خاصة بالتراكيز الضئيلة جدًا من المذاب.

النسبةُ المئويّةُ بالحجم Volume Percent

تعرفُ **النسبةُ المئويّةُ بالحجم Volume Percent (*V* %)** بأنّها النسبةُ المئويّة بين حجم المُذاب إلى حجم المحلول، ويقاسُ حجمُ المحلول بمجموع حجمَي المُذاب والمُذيب.

تُستخدَمُ النسبةُ المئوية بالحجم للتعبير عن تراكيز المحاليل التي يكون فيها المُذاب والمُذيب في الحالة السائلة، ويمكنُ النظرُ إلى النسبة المئويّة بالحجم بوَصفِها حجمَ المُذاب (mL) في 100 mL منَ المحلول، ويوضِّحُ الشكل (10) النسبةَ المئويّةَ بالحجم المكتوبةَ على عبوةٍ زجاجيّةٍ لمحلولِ حِمض الكِبريتيك؛ حيثُ تشيرُ النسبة % 98 إلى تركيز محلول الحِمض؛ أي أنّ كلَّ 100 mL منَ المحلول يحتوي على 98 mL منَ الحِمض و 2 mL منَ الماء. ويمكنُ التعبيرُ عنِ النسبة المئويّة بالحجم بصيغة رياضيّة على النَّحوِ الآتي:

الشكلُ (10): النسبة المئويّةُ بالحجم لمحلول حِمض الكِبريتيك.

$$\text{النسبةُ المئويّةُ بالحجم } (V\,\%) = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100\,\%$$

$$V\,\% = \frac{V\ of\ solute}{V\ of\ solution} \times 100\,\%$$

أفكّر: ما الفرقُ بين النسبة المئويّة بالكتلة والنسبة المئويّة بالحجم؟

المثال 6

أحسُبُ النسبةَ المئويّةَ بالحجم (*V* %) لمحلول منَ الإيثانول C_2H_5OH حُضِّرَ بإذابة 65 mL منه في كميّةٍ منَ الماء المُقَطَّرِ حتى أصبح حجمُهُ 300 mL

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

حجمُ الإيثانول المُذاب = 65 mL

حجمُ المحلول = 300 mL

المطلوب: حسابُ النسبة المئويّة بالحجم لمحلول الإيثانول.

الحلّ:

$$V\,\% = \frac{65}{300} \times 100\,\% = 21.7\,\%$$

✓ **أتحقّق:** أحسُبُ النسبة المئويّة بالحجم لمحلول منَ الأسيتون CH_3COCH_3 حُضِّرَ بإذابة 28 mL منه في كميّة منَ الماء المُقَطَّرِ حتى أصبح حجمُ المحلول 150 mL

✓ **أتحقّق:**

$$V\% = \frac{28}{150} \times 100\% = 18.7\%$$

أفكّر: الكتلة %m: كتلة المذاب مقسومة على كتلة المحلول، والمذاب صلب والمذيب سائل. ويكون المذاب صلب والمذيب سائل.

الحجم %V: حجم المذاب مقسوما على حجم المحلول، المذاب والمذيب في الحالة السائلة. ويكون المذاب والمذيب في الحالة السائلة.

121

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (10)، ثم أطلب إليهم الإجابة عن السؤال الآتي: ما النسبة المئوية بالحجم لمحلول حمض الكبريتيك؟ الإجابة: 98%

◄ المناقشة:

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**؛ فأقسّم الطلبة في أربعة مجموعات، ثم أحدد لكلٍّ مجموعة الإجابة عن أحد الأسئلة الآتية في مدة 5 دقائق:
  - ما المقصود بمفهوم النسبة المئوية بالحجم؟
  - متى تستعمل النسبة المئوية بالحجم في التعبير عن التركيز؟
  - كيف يحضر محلول حمض الكبريتيك؛ تركيزه 98% بالحجم؟
  - ما الصيغة الرياضية للتعبير عن النسبة المئوية بالحجم؟
  - أطلب إلى أحد الطلبة من كل مجموعة قراءة الإجابة التي توصلت اليها مجموعته، وأديرُ نقاشًا معهم للتوصل إلى الإجابة الصحيحة.

النسبة المئوية بين حجم المُذاب إلى حجم المحلول. ويقاسُ حجمُ المحلول بمجموع حجمَي المُذاب والمُذيب.

تُستخدَمُ للتعبير عن تراكيز المحاليل التي يكون فيها المُذاب والمُذيب في الحالة السائلة، وتشيرُ النسبة 98% إلى أنّ كلَّ 100 mL من المحلول تحتوي على 98 mL من الحمض و 2 mL من الماء.

الصيغة الرياضية:

$$V\% = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100\%$$

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (6) وأناقشه معهم، ثم أُكلّفهم بحل المثال الاضافي.

مثال إضافي

أحسب النسبة المئوية بالحجم لمحلول حُضّر بإذابة 20 mL منه في كمية من الماء المقطر حتى أصبح حجمه 200 mL.

الحلّ:

$$V\% = \frac{20}{200} \times 100\% = 10\%$$

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمّل الشكل (11)، ثم أطلب إليهم الإجابة عن السؤال الآتي:

– إلى ماذا يشير الرقم والرمز 2 M المبين على العبوة؟

إجابات محتملة: رمز الحمض، صيغة الحمض، وزن العبوة، كمية المادة في العبوة.. أستمع لإجابات الطلبة وأناقشها معهم؛ للتوصل إلى أن الرقم والرمز 2 M يشيران إلى تركيز محلول الحمض.

◄ المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بالمولارية؟

المولارية (التركيز المولاري): عدد مولات المذاب في لتر واحد من المحلول.

– كيف يعبر عن الصيغة الرياضية للمولارية؟

القانون الرياضي للمولارية.

$$M = \frac{n}{v}$$

ورقة العمل (2)

- **أستخدم إستراتيجية العمل التعاوني** وأقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم ورقة العمل (2) الموجودة في الملحق، وأوجّههم إلى الحلّ وأحدد لهم 8 min، ثم أوجّه كل مجموعة لعرض إجاباتها، وأديرُ نقاشًا مع المجموعات للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (7)، ثم أناقشه معهم؛ للتوصل إلى كيفية حساب المولارية، وأُكلّفهم بحل المثال الاضافي.

مثال إضافي

أحسب مولارية محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH حجمه 0.4 L يحتوي على 0.2 mol من المذاب.

الحلّ:

$$M = \frac{0.2\ mol}{0.4\ L} = 0.5 mol/L$$

الشكلُ (11): التركيزُ المولاريُّ لمحلول H_2SO_4.

المولاريّة Molarity

تُعَدُّ المولاريّةُ من أكثر الوحدات شيوعًا لقياس التركيز، وتسمّى أيضًا التركيزَ المولاريّ أو **المولاريّة Molarity (M)**، وهي عددُ مولات المادّة المُذابة في لتر واحد منَ المحلول. فمثلًا، محلولٌ حجمُهُ 1L يحتوي على 1 mol منَ المُذاب يكون تركيزُهُ 1 mol/L، أو يُكتَبُ على النَّحو (1 M). أنظرُ الشكل (11) الذي يبيِّنُ التركيزَ المولاريّ لمحلول حِمض الكِبريتيك H_2SO_4. ويمكنُ التعبيرُ عنِ المولاريّة بصيغة رياضيّة على النَّحوِ الآتي:

$$\text{المولاريّة (التركيز المولاري) M} = \frac{\text{عدد مولات المُذاب } (mol)}{\text{حجم المحلول } (L)}$$

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n\ of\ solute}{V\ of\ solution}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

المثال 7

أحسُبُ مولارية محلول من نترات الصوديوم $NaNO_3$ حجمُهُ 0.5 L يحتوي على 0.1 mol منَ المُذاب.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

حجمُ المحلول = 0.5 L

عددُ مولات المُذاب = 0.1 mol

المطلوب: حسابُ مولاريّة المحلول (التركيز المولاريّ).

الحلّ:

أعوّضُ في القانون

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{0.1\ mol}{0.5\ L} = 0.2\ M$$

طريقة أخرى للتدريس — المولارية

- أدير نقاشًا مع الطلبة موضحا لهم أن الكيميائيين يهتمون في التفاعلات الكيميائية بمعرفة عدد مولات المواد المتفاعلة، وأن المول هو وحدة قياس، لذلك يعبر عن التركيز بمعرفة عدد مولات المذاب في حجم محدد من المذيب، وهو ما يطلق عليه التركيز المولاري أو المولارية.

توظيف التكنولوجيا

أوجّه الطلبة إلى البحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديوهات تعليمية أو عروض تقديمية لمفهوم المولارية، وحساب التركيز المولاري لبعض المحاليل، وأحدد لهم موعدًا لعرضه ومناقشته معهم.

المثال 8

أحسُبُ مولاريّةَ محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH حُضِّرَ بإذابة 5.6 g في 0.2 L منَ الماء. علمًا أنّ الكتلة المولية (KOH) $Mr = 56$ g/mol

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

حجمُ المحلول = 0.2 L

كتلةُ المُذاب m = 5.6 g

الكتلة المولية (Mr) = 56 g/mol

المطلوب: حسابُ مولاريّة المحلول.

الحلّ:

أحسُبُ عدد مولات (n) هيدروكسيد البوتاسيوم

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{5.6\ \text{g} \times 1\ \text{mol}}{5.6\ \text{g}} = 0.1\ \text{mol}$$

أحسُبُ مولاريّة المحلول

$$M = \frac{0.1\ \text{mol}}{0.2\ \text{L}} = 0.5M$$

أتحقّق:

1- أحسُبُ كتلةَ السُّكَّر $C_6H_{12}O_6$ اللازمةَ لعمل محلول حجمُهُ 2 L وتركيزه المولاري 0.04 M. علمًا بأنّ الكتلة المولية Mr = 180 g/mol ($C_6H_{12}O_6$)

2- أحسُبُ الحجم اللازم لتحضير محلول من كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ كتلته 1.11 g ومولاريته 1.11 M علمًا بأنّ الكتلة المولية Mr = 111/mol ($CaCl_2$)

أخطاء شائعة

قد يعتقد بعض الطلبة أنه يمكن تحضير محلول تركيزه 1 M عن طريق أخذ كتلة من المذاب مساوية للكتلة المولية لها، ثم إذابتها في مذيب مناسب مثل الماء، ثم وضع الكمية في دورق حجمي سعته لتر. ولذلك أخبر الطلبة أنه لا تذاب الكتلة المقاسة مباشرةً في حجم 1 L؛ لأن هذا سيجعل حجم المحلول أكبر من لتر واحد، وإنما تذاب في كمية صغيرة من المذيب وتوضع في دورق حجمي مناسب، ثم يضاف المذيب باستمرار حتى علامة محددة على الدورق.

المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (8)، وأناقشه معهم، ثم أُكلّفهم بحل المثال الإضافي.

مثال إضافي

أحسب مولارية محلول نترات الصوديوم $NaNO_3$ حُضِّر بإذابة 15 g منه في 500 mL من الماء، علمًا أن الكتلة المولية ($NaNO_3$) Mr = 85g/mol

الحلّ:

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

$$n = \frac{15\ \text{g} \times 1\text{mol}}{85\ \text{g/mol}} = 0.18\text{mol}$$

$$M = \frac{0.18\ \text{mol}}{0.5\ \text{L}} = 0.36\ \text{mol/L}$$

أتحقّق:

$$m = M \times V \times Mr$$

1. $m = 0.04 \times 2 \times 180 = 14.4\ \text{g}$

2. $m = 1.11\ \text{g}$

$$n = \frac{1.11\ \text{g} \times 1\text{mol}}{111\ \text{g/mol}} = 0.01\ \text{mol}$$

$$V = \frac{0.01\ \text{mol}}{1.11} = 0.009\ \text{L}$$

المناقشة:

- أستخدم **إستراتيجية التعلم التعاوني**، وأقسّم الطلبة في مجموعات، ثم أطرح عليهم الأسئلة الآتية وأُكلّفهم بالإجابة عنها في 10 min:
  - ما أثر تغير درجة الحرارة على حجم المحلول؟
  - ما المقصود بالمولالية؟
  - كيف يُعبّر عن الصيغة الرياضية للمولالية؟
- أُكلّف كل مجموعة باختيار أحد أفرادها لعرض ما توصلت اليه مجموعته.
- أستمع لإجابات الطلبة، ثم أديرُ نقاشًا معهم؛ للتوصل إلى المعلومات الصحيحة، وأُكلّف أحد الطلبة بتلخيصها على اللوح.

بزيادة درجة الحرارة يزداد حجم المحلول؛ فيقل تركيزه، ولا يتغير عدد مولات المذاب والمذيب، وبالتالي لا تتغير كتل المواد في المحلول.

المولالية هي عدد مولات المُذاب في كتلة معيّنة منَ المُذيب.

وصيغتها الرياضية:

$$\text{Molality(m)} = \frac{\text{n of solute}}{\text{solvent mass}}$$

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (9)، وأناقشه معهم، ثم أُكلّفهم بحل المثال الاضافي.

مثال إضافي

أحسب مولالية محلول تكوّن بإذابة 3.5 mol من هيدروكسيد الصوديوم في 2.5 kg من الماء المقطّر.

الحلّ:

$$\text{m} = \frac{\text{n of solute}}{\text{solvent mass}}$$

$$\text{m} = \frac{3.5\ \text{mol}}{2.5\ \text{Kg}} = 1.4\text{mol/kg}$$

إضاءة للمُعلّم / للمعلّمة

عند الرغبة في تحضير محلول ما بتركيز معين، يتوقع الكيميائي في المختبر الأخطاء التي قد تؤدي إلى اختلاف التركيز عما هو مطلوب. ومن هذه الاخطاء؛ عدم أخذ كتلة دقيقة، عدم قراءة التدريج بدقة، عدم إذابة المادة بشكل تام، عدم ضبط درجة الحرارة، عدم دقة قياس الميزان؛ وغيرها من الأخطاء التي تؤدي إلى نتائج غير دقيقة.

المولاليّة Molality

يتأثّرُ حجم المحلول بتغيّر درجة حرارته، فيزداد حجمُهُ بزيادة درجة الحرارة؛ ما يُقلّلُ من تركيزه، كما أنّ انخفاضَ درجة حرارته يُقلّلُ من حجمه، فيزداد تركيزُه، إلّا أنّ عدد مولات المُذيب والمُذاب لا تتغيّر، ومن ثَمَّ فإنّ كُتلَ الموادّ لا تتغيّر في المحلول بتغيّر درجة الحرارة؛ لذلك يمكنُ وصفُ تركيزه عن طريق عدد مولات المُذاب في كتلة معيّنة منَ المُذيب، ويسمّى هذا التركيزُ **المولاليّة Molality (m)**، وهي نسبةُ عدد مولات المُذاب في 1 kg منَ المُذيب؛ فمثلًا، محلولٌ يحتوي على 1 mol منَ المُذاب في 1 kg منَ المُذيب يكونُ تركيزُهُ 1 mol/kg. ويمكنُ التعبيرُ عنِ المولاليّة بصيغة رياضيّة على النَّحوِ الآتي:

$$\text{المولاليّة (التركيز المولاليّ) m} = \frac{\text{عدد مولات المُذاب } (mol)}{\text{كتلة المذيب } (kg)}$$

$$\text{Molality (m)} = \frac{n\ of\ solute}{solvent\ mass}$$

المثال 9

أحسُبُ مولاليّةَ محلول تكوّنَ بإذابة 6 mol من سُكّر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في 8 kg منَ الماء المُقَطَّر.

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

عددُ مولات المُذاب = 6 mol

كتلةُ المُذيب = 8 kg

المطلوب: حسابُ مولاليّة المحلول

الحلّ:

أعوّضُ في القانون

$$\text{m} = \frac{\text{n of solute}}{\text{solvent mass}}$$

$$= \frac{6\ \text{mol}}{8\ \text{kg}} = 0.75\ \text{mol/kg}$$

المثال 10

أحسُبُ المولالية لمحلول يحتوي على 25 g من كِبريتات الصوديوم Na_2SO_4 مُذابة في 500 g من الماء. علمًا أنّ الكتلة المولية (Na_2SO_4) $Mr = 142$ g/mol

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

كتلةُ المُذاب = 25 g

الكتلةُ المولية للمُذاب = 142 g/mol

كتلةُ المُذيب = 500 g

المطلوب: حسابُ المولاليّة.

الحلّ:

أحوّلُ كتلة المُذاب إلى مولات.

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{25\text{ g} \times 1\text{ mol}}{142\text{ g}} = 0.176\text{ mol}$$

– أحوّلُ كتلة المُذيب من وحدة g إلى وحدة kg، وذلك بالقسمة على 1000، فينتج 0.5 kg

– أعوّضُ في القانون

$$m = \frac{\text{n of solute}}{\text{solvent mass}}$$

$$= \frac{0.176\text{ mol}}{0.5\text{ kg}} = 0.352\text{ mol/kg}$$

✓ **أتحقَّق:** أحسُبُ مولاليّةَ المحلول الذي يحتوي على 8.4 g فلوريد الصوديوم NaF مُذابة في 400 g من الماء المُقَطَّر. علمًا أنّ الكتلة المولية (NaF) $Mr = 42$ g/mol

أفكّر كيف يمكنُ حسابُ الكسر المولي لِمُكوّنات محلول مائيّ بمعرفة مولاليَّته؟

أفكّر يجري حساب عدد المولات ثم تعويضها في قانون الكسر المولي.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

يمكن تحويل المولالية إلى مولارية، أو العكس،وذلك بمعرفة كثافة المحلول والتي تعرف بأنها عدد جرامات المحلول الموجودة في 1 mL منه.

المناقشة:

- أوجّه الطلبة إلى قراءة المثال (10)، ثم أناقشه معهم، ثم أُكلّفهم بحل المثال الإضافي.

مثال إضافي

أحسب مولالية محلول يحتوي على 4 g من كربونات الكالسيوم مذابة في 800 g من الماء. علمًا أن الكتلة المولية

$$Mr = 100\text{ g/mol} \quad (CaCO_3)$$

الحلّ:

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

$$n = \frac{4\text{g} \times 1\text{mo}}{100\text{ g/mol}} = 0.04\text{ mol}$$

$$m = \frac{\text{n of solut}}{\text{solvent mass}}$$

$$m = \frac{0.04\text{ mol}}{0.8\text{ Kg}} = 0.05\text{ mol/Kg}$$

✓ أتحقَّق:

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{8.4\text{ g} \times 1\text{ mol}}{42\text{ g}} = 0.2\text{ mol}$$

$$m = \frac{0.2\text{ mol}}{0.4\text{ kg}} = 0.5\text{ mol/kg}$$

منهاجي
متعة التعليم الهادف

125

◄ استخدام الصور والأشكال:

- أوجّه الطلبة إلى تأمل الشكل (12)، ثم أبيّن لهم استخدام دوراق حجمية مختلفة السعة لتحضير المحاليل.
- أعرض على الطلبة مجموعة دوارق حجمية مختلفة السعة بالتعاون مع قيم المختبر، ثم أبين لهم سعة الدورق و العلامة على عنق الدورق التي يجب اضافة الماء حتى الوصول اليها، وكذلك أوضح لهم أنه يمكن حساب تركيز المحلول بمعرفة كتلة المذاب وكتلته المولية وحجم المحلول.

◄ المناقشة:

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة، ما المقصود بالمحلول القياسي؟ وكيف يحضر؟

أتقبّل إجابات الطلبة، وأديرُ نقاشًا معهم للتوصل إلى المحلول القياسي هو محلول معلوم التركيز بدقة، ويحضر بإذابة كتلة معينة من المذاب في كمية محددة من المذيب النقي (مثل الماء المقطر).

- أطرح السؤال الآتي على الطلبة: ما طرائق تحضير محلول تركيزه 1 M من هيدروكسيد الصوديوم علما أن Mr = 40 g/mol
- أجري مناقشة مع الطلبة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة وهي:

إذابة 40 g في حجم 1000 mL/ إذابة 20 g في حجم 500 mL/ إذابة 0.4 g في حجم 10 mL.

- أستخدم **إستراتيجية بطاقة الخروج**، حيث أطلب إلى الطلبة الإجابة عن السؤال الآتي، ماذا تعلَّمْت؟
- أجمع بطاقات الطلبة، ثم أقرأها في بداية الحصة التالية.

معرفة طرائق التعبير عن التركيز، وحسابات كلٍّ من: الكسر المولي، النسبة المئوية بالكتلة، النسبة المئوية بالحجم، المولارية، المولالية، تحضير محلول قياسي.

الشكلُ (12): دوارقُ حجميّةٌ مختلفةُ الحُجوم

المحاليلُ القياسيّة Standard Solutions

تُستخدمُ في مختبرات الكيمياءِ **محاليلُ قياسيّة Standard Solutions**، وهي محاليلُ معلومةُ التركيزِ بدقّة.

ويحتوي 1 L منَ المحلول القياسيّ على 1 mol منَ المُذاب، ويمكنُ تحضيرُهُ بإذابة كتلة معيّنة منَ المادّة في كميّة محدّدة منَ المُذيب النقيّ، مثل الماء المُقطَّر، وَيُستخدمُ لهذه العمليّة دورقٌ حجميٌّ مناسب. أنظرُ الشكل (12)، الذي يوضِّحُ دوارقَ حجميّةً مختلفةَ الحُجوم.

يُجري الكيميائيُّ أحيانا تجاربَ مِخبريّةً باستعمال كميّة صغيرة منَ المحلول بدلًا منَ استعمال كميّة كبيرة؛ لذلك يمكنُ تحضيرُ المحلول المطلوب من خلال التحكُّم في حجمِهِ وفي كتلة المُذاب؛ فمثلًا، يمكنُ تحضيرُ محلول تركيزُهُ 0.1 M من هيدروكسيدِ الصوديوم NaOH بطرائقَ عدّة، منها: إذابة 4 g منه في حجمِ 1 L منَ المحلولِ، أو إذابة 0.4 g منه في حجمِ 100 mL، أو إذابة 0.04 g في 10 mL، وهكذا.

أعملُ فيلمًا قصيرًا باستخدام صانع الأفلام movie maker، يوضِّحُ طرائقَ التعبيرِ عنِ التركيز: (الكسر المولي، النسبة المئويّة بالكتلة، النسبة المئويّة بالحجم، المولاريّة، المولاليّة)، بحيثُ يشتمل على مفهوم كلٍّ منها، وصيغِها الرياضيّة، بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

أبحثُ: مُستعينًا بمصادر المعرفة المناسبة، أبحثُ عمّا يُعَبِّرُ عن تركيز المحاليل باستخدام طريقة الجزء مِنَ المليون Part Per Million (PPM)، وطريقة العيارية Normality (N) مُعَرِّفًا الطريقةَ وَمُبيِّنًا أهميّةَ استخدامِ كل منها وَمُوَضِّحًا تطبيقاتِها العمليّة، ثمّ أكتبُ تقريرًا عن ذلك بإشراف معلّمي/ معلمتي ثم أشاركه مع زملائي/ زميلاتي في الصفّ.

- أوجّه الطلبة للبحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن طرائق التعبير عن التركيز(الكسر المولي، النسبة المئوية بالكتلة والحجم، المولارية، المولالية)، ومفهوم كل منها وصيغته الرياضية، ثم إعداد فيلم قصير باستخدام برنامج movie maker، وأحدد لهم موعدا لعرضه ومناقشته.

أبحثُ: أوجّه الطلبة إلى البحث في مصادر المعرفة الموثوقة عن طريقة الجزء من المليون وطريقة العيارية للتعبير عن تركيز المحاليل، مبينا أهمية استخدام الطريقة وتطبيقاتها العملية، وأُكلّفهم بكتابة تقرير، وأحدد لهم موعدًا لمناقشته في الصف.

التجربة 1

المحلول القياسي

الهدف: استقصاء طريقة تحضير محلول قياسي من بيرمنغنات البوتاسيوم

زمن التنفيذ: 15 min

إرشادات السلامة:

- أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- أوجّه الطلبة إلى ارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.
- أوجّه الطلبة إلى الحذر عند التعامل مع المواد الكيميائية.

المهارات العلمية: القياس، المقارنة، التفسير.

الإجراءات والتوجيهات:

- أجهّز المواد والادوات قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات ثم أُكلّفهم بالعمل على تنفيذ التجربة.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة موجّها ومرشدا وأتابع أداءهم أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوّم أداءهم.
- أطلب إلى مجموعات الطلبة تبادل البيانات التي حصلوا عليها، وإجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. $n = 0.79\ g \div 158\ g/mol = 0.005\ mol$
2. $M = 0.005\ mol \div 0.5\ L = 0.01\ M$
3. يقل تركيز المحلول.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الأمن والسلامة.**

أوجّه الطلبة إلى أنه من أساسيات العمل المخبري مراعاة الأمن والسلامة في التعامل مع المواد الكيميائية والأدوات، والتقيد بإجراءات السلامة؛ كي لا تتعرض حياتهم للخطر، ومثال ذلك تحضير المحاليل، واستخدام الأدوات الزجاجية، ولهب بنسن.

التجربةُ 1

المحلولُ القياسيّ

الموادُّ والأدوات:

بيرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$، ميزان كتلة حسّاس، دورق حجميّ سَعة 500 mL ماء مُقَطَّر، ساق تحريك زجاجيّ، كأس زجاجيّة سَعة 100 mL، ملعقة، صحن زجاجيّ، قطّارة.

إرشاداتُ السلامة:

أحذَرُ عند التعامل معَ الموادّ الكيميائيّة، وأرتدي القفازاتِ ومعطفَ المختبر.

خطواتُ العمل:

1- **أقيسُ** باستخدام ميزان كتلة حساس، 0.79 g من بيرمنغنات البوتاسيوم.

2- أضعُ الكتلةَ المَقيسَةَ في الكأس الزجاجيّة، وَأُضيفُ إليها كميّةً قليلة منَ الماء المُقَطَّر، ثمّ أُحرّكُها حتى تذوبَ تمامًا.

3- أسكُبُ المحلولَ الناتج في الدورق الحجميّ سَعة 500 mL

4- أُكَرِّرُ عدّةَ مرّاتٍ إضافةَ كميّة قليلة منَ الماء المُقَطَّر إلى الكأس الزجاجيّة، وأحرّكُ المحلولَ ثمّ أسكُبُهُ في الدورق الحجميّ حتى يقتربَ مستواهُ منَ العلامة الموجودة على عُنق الدورق.

5- **أُلاحظ:** أستخدمُ القطّارة لإضافة الماء المُقَطَّر تدريجيًا إلى الدورق الحجميّ حتى يصبح مستوى تَقَعُّرِ المحلول عند مستوى العلامة على عُنق الدورق، ثمّ أرجُّ المحلولَ حتى يتجانس.

التحليلُ والاستنتاج:

1- **أحسُبُ** عددَ مولات بيرمنغنات البوتاسيوم ($Mr = 158\ g/mol$).

2- **أحسُبُ** مولاريّةَ المحلول الناتج.

3- **أتوقّع:** ماذا يحدثُ لتركيز المحلول عندما تُضافُ إليه كميّةٌ أُخرى منَ المُذيب؟

127

تقويم تجربة: المحلول القياسي

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

الرقم	معيار الأداء	نعم	لا
1	قياس الكتلة المطلوبة بدقة		
2	تنفيذ اجراءات التجربة بدقة		
3	أخذ قراءة صحيحة		
4	حساب المولارية بدقة		

المناقشة:

- أطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– كيف يمكن الحصول على المحلول المخفف؟

الإجابة المحتملة: باضافة الماء الى المحلول.

أستمع لإجابات الطلبة ثم أناقشها معهم؛ للتوصل إلى **الإجابة الصحيحة**، وهي: إضافة كمية من المذيب إلى المحلول

– ما هي معادلة التخفيف؟

عدد المولات قبل التخفيف = عدد المولات بعد التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

- أوجّه الطلبة إلى دراسة المثال (11)، ثم أناقشه معهم؛ للتوصل إلى كيفية حساب مولارية المحلول بعد تخفيفه. وأُكلّفهم بحل المثال الإضافي.

مثال إضافي

أحسب مولارية محلول حضر بإضافة 500 mL من الماء المقطر إلى 150 mL محلول تركيزه 0.3 M

الحلّ:

حجم المحلول النهائي V_2

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.3 \times 150 = M_2 \times 650$

$M_2 = 14.4\ M$

✓ **أتحقَّق:**

$MV = MV$

$4 \times 50 = 0.2 \times V_2$

حجم المحلول النهائي: $V_2 = 1000\ mL$

حجم الماء المضاف: $1000 - 50 = 950\ mL$

تعزيز: المفهوم

أخبر الطلبة أنه يمكن التحكم في تركيز المحلول عن طريق إضافة كمية من المذيب له، أو تبخير المحلول لإنقاص كمية المذيب؛ وبذلك يزداد تركيز المحلول أو يقل. لكن كتلة المذاب وعدد مولاتها يبقى ثابتا.

إضاءة للمُعلِّم / للمعلِّمة

تُحضّر المحاليل المخففة للحموض المركزة بإضافة الحمض ببطء إلى الماء (وليس العكس) مع التحريك المستمر؛ لأن تفاعل الحمض مع الماء طارد للحرارة، فالحرارة المنبعثة من إضافة الماء إلى سطح الحمض كافية لغليان الماء وفورانه.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

تخفيفُ المحاليل Dilution of Solutions

يمكنُ الحصولُ على المحلول المُخَفَّف بإضافة كميّة منَ المُذيب إليه؛ حيث يزدادُ حجمُهُ نتيجةً لزيادة كميّة المُذيب فيزدادُ عددُ جُسيمات المُذيب ويقلُّ -في الوقتِ نفسِه- تركيزُ المُذاب، ومن ثَمَّ يقلُّ تركيزُ المحلول. علمًا أنّ كتلة المُذاب وعددَ مولاته في المحلول يبقيان ثابتين.

باستخدام الصيغة الرياضيّة لقانون المولاريّة: $M = \frac{n}{V}$

ومنها نجد أنّ: $M \times V = n$

ولمّا كان عددُ مولات المُذاب يبقى ثابتًا ولا يتغيّر بتخفيف المحلول، فإنّ عددَها قبلَ التخفيف يساوي عددَها بعدَ التخفيف؛ وبذلك يمكنُ حسابُ عدد مولات المحلول، قبلَ التخفيف وبعدَه، باستخدام معادلة التخفيف، كما يأتي:

عدد المولات بعدَ التخفيف = عدد المولات قبلَ التخفيف

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

المثال 11

أحسُبُ مولاريّةَ محلول حُضِّرَ بإضافة 380 mL منَ الماء المُقَطَّر إلى 20 mL من محلول تركيزُهُ 0.2 M

تحليلُ السؤال (المُعطيات)

مولاريّةُ المحلول قبلَ التخفيف = 0.2 M

حجمُ المحلول قبلَ التخفيف = 20 mL

حجمُ الماء المُضاف للتخفيف = 380 mL

المطلوب: حسابُ مولاريّة المحلول بعد التخفيف.

الحلّ:

عند إضافة الماء إلى المحلول يزداد حجمَهُ؛ لذلك فإنّ

حجمُ المحلول النهائيّ: $V_2 = 20 + 380 = 400\ mL$

وبالتعويض في العلاقة السابقة:

عدد المولات بعدَ التخفيف = عدد المولات قبلَ التخفيف

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.2 \times 20 = M_2 \times 400$

$M_2 = \frac{0.2 \times 20}{400}$

$= 0.01M$

✓ **أتحقَّق:** أحسُبُ حجمَ الماء اللازم إضافتُهُ إلى 50 mL من محلول كلوريد البوتاسيوم KCl الذي تركيزُهُ 4 M ليصبح تركيزُهُ 0.2 M

مراجعةُ الدرس

1 - **الفكرةُ الرئيسة:** أوضِّحُ الفرق بين طرائق حساب تركيز المحلول.

2 - أوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ من: الكسر الموليّ، النسبة المئويّة بالكتلة، المولاريّة، المولاليّة.

3 - **أحسُبُ** الكسرَ الموليَّ لكلٍّ منَ الماء ونترات البوتاسيوم KNO_3 في محلول منهما. علمًا أنّ عدد مولات الماء 5 mol وعدد مولات نترات البوتاسيوم 3 mol.

4 - **أحسُبُ** كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازمة لتحضير محلول كتلته 30 g بتركيز 1% بالكتلة.

5 - **أحسُبُ** النسبة المئويّة بالكتلة للمحلول الناتج من إذابة 15 g من كربونات الصوديوم Na_2CO_3 في 350 g منَ الماء المُقَطَّر.

6 - **أحسُبُ** النسبة المئويّة بالحجم لمحلول من HBr تكوَّنَ بإذابة 40 mL منه في كميّة منَ الماء المُقَطَّر حتى أصبح حجمُ المحلول 300 mL.

7 - **أحسُبُ** مولاريّة محلول يحتوي على 5 g من كِبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 مُذابة في 100 mL منَ الماء. علمًا أنّ الكتلة المولية (K_2SO_4) $Mr = 174$ g/mol.

8 - **أحسُبُ** حجمَ المحلول اللازم لتحضير محلول من سُكّر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ تركيزُهُ 0.5 M. علمًا أنّ كتلة المُذاب 15 g والكتلة المولية ($C_6H_{12}O_6$) $Mr = 180$ g/mol.

9 - **أحسُبُ** مولاليّة محلول يحتوي على 30 g من بروميد الليثيوم LiBr مُذابة في 300 g منَ الماء. علمًا أنّ الكتلة المولية (LiBr) $Mr = 87$ g/mol.

10- **أحسُبُ** كتلة KCl لتحضير محلول تركيزُهُ 0.2 mol/kg في 200 g ماء مُقَطَّر. علمًا أنَّ الكتلة المولية (KCl) $Mr = 74.5$ g/mol.

11-**أحسُبُ** حجم الماء اللازم إضافتُهُ إلى 5 mL من محلول NaOH ذي التركيز 0.1 M ليصبح تركيزُهُ 0.001 M.

3 التقويم

مراجعة الدرس

1 يعتمد بعضها على حجم المذيب المستخدم مثل المولارية، وبعضها يعتمد على كتلة المذيب مثل المولالية، وبعضها الآخر يعتمد على حجم المذاب أو كتلته.

2 **الكسر المولي**: النسبة بين عدد مولات المذاب أو المذيب في المحلول إلى عدد المولات الكُلّية للمذاب والمذيب.
النسبة المئوية بالكتلة: النسبة المئوية بين كتلة المذاب إلى كتلة المحلول.
المولارية: عدد مولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول.
المولالية: نسبة عدد مولات المذاب في 1 kg من المذيب.

3 $X_{KNO3} = \frac{3}{3+5} = 0.375$

$X_{H2O} = \frac{5}{3+5} = 0.625$

4 $1\ \% = \frac{mKOH}{30\ g} \times 100\%$

$= 0.3\ g\ KOH$

5 $m\ \% = \frac{15\ g}{365\ g} \times 100\% = 4\%$

6 $V\% = \frac{40}{300} \times 100\% = 13.3\%$

7 $n = \frac{5}{174} = 0.03\ mol$

$M = 0.03 \div 0.1 = 0.3\ mol/L$

8 $V = \frac{15}{0.5} \times 180 = 5400$

9 $n = \frac{30}{87} = 0.34\ mol$

$m = 0.34 \times 0.3 = 0.1\ mol/kg$

10 $m = 0.2 \times 200 \times 74.5 = 2980\ g$

11 $V_2 = \frac{5 \times 0.1}{0.001} = 500\ mL$

ملحق

إجابات أسئلة أوراق العمل

ورقة العمل (1)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: تداخل الأفلاك الذرية لتكوين الرابطة

أجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي في المجموعة؛ لنتوصل معا إلى الإجابات الصحيحة.

- ما الأفلاك التي تستخدمها كل من ذرة الكلور وذرة الهيدرجين في تكوين الرابطة $H-Cl$؟ (العدد الذري : $H=1$, $Cl=17$)

.....

.....

- كيف تتوزع الكثافة الإلكترونية بين الذرتين في الرابطة $H-Cl$؟

.....

.....

- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

.....

.....

- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

.....

.....

- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

.....

.....

إجابة ورقة العمل (1)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: تداخل الأفلاك الذرية لتكوين الرابطة

أجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي في المجموعة؛ لنتوصل معا إلى الإجابات الصحيحة.

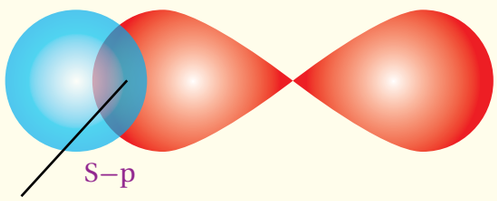
- ما الأفلاك التي تستخدمها كل من ذرة الكلور وذرة الهيدرجين في تكوين الرابطة H–Cl؟ (العدد الذري : H=1 , Cl=17)

H: $1s^1$ ، Cl:[Ne] $3s^2 3p^5$

H : تستخدم فلك s ، Cl : تستخدم فلك 3p

- كيف تتوزع الكثافة الإلكترونية بين الذرتين في الرابطة H–Cl؟

يحدث تداخل الفلكين في المنطقة الفراغية بين الذرتين، وتتركز الكثافة الإلكترونية على طول المحور الواصل بين نواتي الذرتين.

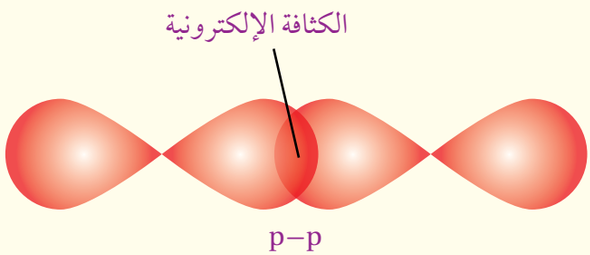


- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

تنشأ رابطة تساهمية من النوع سيجما (σ).

- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

يحدث تداخل الفلكين p–p في المنطقة الفراغية بين الذرتين، وتتركز الكثافة الإلكترونية على طول المحور الواصل بين نواتي الذرتين.



- ما نوع الرابطة التساهمية الناشئة عن ذلك؟

تنشأ رابطة تساهمية من النوع سيجما (σ).

ورقة العمل (2)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: العلاقة بين الشكل الفراغي وقطبية الجزيء

أجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي في المجموعة؛ لنتوصل معا إلى الإجابات الصحيحة.

- أوضّح بالرسم، لماذا يعدُّ الجزيء الخطي AX_2 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء الخطي AXY قطبيا؟

.....

.....

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الجزيء المنحني AX_2 قطبيا؟

.....

.....

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الجزيء المثلث المستوي AX_3 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء المثلث المستوي AXY قطبيا؟

.....

.....

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الهرم الثلاثي AX_3 قطبيا ؟

.....

.....

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الجزيء الرباعي الأوجه AX_4 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء الرباعي الأوجه AX_3Y قطبيا؟

.....

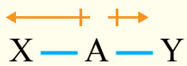
.....

إجابات ورقة العمل (2)

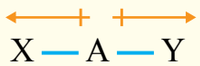
الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: العلاقة بين الشكل الفراغي وقطبية الجزيء

أدرس الجدول (2)، وأجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي في المجموعة لنتوصل معا إلى الإجابات الصحيحة.

- موضّحا بالرسم، لماذا يعدُّ الجزيء الخطي AX_2 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء الخطي AXY قطبيا؟

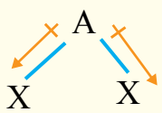


محصلة العزم القطبي ≠ صفر
قطبي



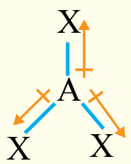
محصلة العزم القطبي = صفر
غير قطبي

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الجزيء المنحني AX_2 قطبيا؟

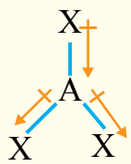


محصلة العزم القطبي ≠ صفر
قطبي

- أوضّح بالرسم، لماذا يعد الجزيء المثلث المستوي AX_3 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء المثلث المستوي AXY قطبيا؟

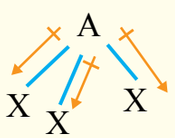


محصلة العزم القطبي = صفر
غير قطبي



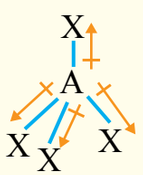
محصلة العزم القطبي ≠ صفر
قطبي

- موضّح بالرسم، لماذا يعد الهرم الثلاثي AX_3 قطبيا ؟

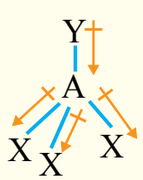


محصلة العزم القطبي ≠ صفر
قطبي

- موضّحا بالرسم، لماذا يعد الجزيء الرباعي الأوجه AX_4 غير قطبي، بينما يعدُّ الجزيء الرباعي الأوجه AX_3Y قطبيا؟



محصلة العزم القطبي = صفر
غير قطبي



محصلة العزم القطبي ≠ صفر
قطبي

ورقة العمل (3)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: قوى ثنائية القطب اللحظية أو قوى لندن

أدرس الشكل (39) ثم أجب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- كيف تتوزع الإلكترونات في الجزيئات؟

.....

.....

- وما أثر ذلك على قطبية الجزيء؟

.....

.....

- هل تتأثر الجزيئات المجاورة بالاستقطاب اللحظي للجزيء؟

.....

.....

- ما أثر الاستقطاب اللحظي على التجاذب بين الجزيئات؟

.....

.....

إجابات ورقة العمل (3)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: قوى ثنائية القطب اللحظية أو قوى لندن

أدرس الشكل (39) ثم أجب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي/ زميلاتي للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- كيف تتوزع الإلكترونات في جزيئات Cl_2؟

تتوزع الإلكترونات في جزيئات Cl_2 بشكل غير منتظم فتزداد في أحد أطراف الجزيء وتقل في الطرف الآخر.

- وما أثر ذلك على قطبية الجزيء؟

بسبب تجمع الإلكترونات في طرف أكثر من الآخر؛ يصبح الجزيء قطبيا، ويصبح احد الأطراف حاملا شحنة جزئية سالبة، ويظهر على الطرف الآخر شحنة جزئية موجبة في لحظة حدوث ذلك، ويطلق على ذلك استقطاب لحظيّ، حيث سرعان ما تعود الإلكترونات إلى التوزع المنتظم ويختفي الاستقطاب، ثم يعود من جديد وهكذا.

- هل تتأثر الجزيئات المجاورة بالاستقطاب اللحظي للجزيء؟

نعم، حيث يؤدي تنافر الإلكترونات المتقاربة إلى حدوث استقطاب لحظي للجزيئات المتجاورة.

- ما أثر الاستقطاب اللحظي على التجاذب بين الجزيئات؟

يؤدي إلى تجاذب أطراف الجزئيات المتخالفة في الشحنة.

ورقة العمل (4)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: أثر قوى التجاذب على درجة الغليان للمركبات المختلفة

أدرس الشكل (41)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي في المجموعة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- أحدد نوع قوى التجاذب في كل مجموعة من المركبات الآتية:

(H_2O,NH_3,HF): .....

(H_2S,AsH_3,HBr): .....

(CH_4,GeH_4,SnH_4): .....

- كيف تتغير درجة غليان المركبات المختلفة في مركبات عناصر المجموعات 4، 5، 6، 7؟

.....

.....

- أفسّر الارتفاع في درجة غليان مركبات عناصر المجموعات المختلفة بدءًا من الدورة الثالثة باتجاه اليمين.

.....

.....

- أفسّر الارتفاع الكبير في درجة غليان مركبات عناصر المجموعة السادسة مقارنة بمركبات عناصر المجموعة الرابعة.

.....

.....

- أفسّر ارتفاع درجة غليان المركب H_2Te مقارنة بالمركب PH_3.

.....

.....

إجابات ورقة العمل (4)

الوحدة الأولى: أشكال الجزيئات وقوى التجاذب في ما بينها **الدرس الأول**: أثر قوى التجاذب على درجة الغليان للمركبات المختلفة

أدرس الشكل (41)، ثم أجيب عن الأسئلة الآتية بشكل فردي، ثم أناقش إجاباتي مع زملائي في المجموعة للتوصل إلى الإجابات الصحيحة.

- أحدد نوع قوى التجاذب في كل مجموعة من المركبات الآتية:

(H_2O,NH_3,HF): روابط هيدروجينية

(H_2S,AsH_3,HBr): قوى ثنائية القطب

(CH_4,GeH_4,SnH_4): قوى لندن (قوى ثنائية القطب اللحظية)

- كيف تتغير درجة غليان المركبات المختلفة في مركبات عناصر المجموعات 4، 5، 6، 7؟
بشكل عام تزداد بزيادة رقم المجموعة.

.....

- أفسّر الارتفاع في درجة غليان مركبات عناصر المجموعات المختلفة بدءًا من الدورة الثالثة باتجاه اليمين.
حيث يزداد العدد الذري في الدورة الواحدة بالاتجاه نحو اليمين، مما يسبب زيادة الكتلة المولية وبالتالي تزداد قوة التجاذب بين الجزيئات وبذلك تزداد درجة الغليان.

.....

- أفسّر الارتفاع الكبير في درجة غليان مركبات عناصر المجموعة السادسة مقارنة بمركبات عناصر المجموعة الرابعة.
بسبب زيادة الكتلة المولية لمركبات عناصر المجموعة السادسة مقارنة بمركبات عناصر المجموعة الخامسة وبالتالي تزداد قوة التجاذب بين الجزيئات وتزداد درجة الغليان.

.....

- أفسّر ارتفاع درجة غليان المركب H_2Te مقارنة بالمركب PH_3.
بسبب زيادة الكبيرة للكتلة المولية للمركبH_2Te مقارنة بالكتلة المولية الصغيرة للمركب PH_3؛ مما يزيد بشكل كبير من قوى التجاذب بين جزيئاته، فتكون درجة غليانه أكبر بكثير من المركب PH_3 .

.....

ورقة العمل (2)

الوحدة الثالثة: المحاليل **الدرس الأول**: التركيز المولاري(المولارية)

أحسب مولارية المحاليل الآتية:

1- محلول حمض الكبريتيك الذي تكون باذابة 0.98 g في 500 mL من المحلول.

2- محلول هيدروكسيد الصوديوم الذي تكون باذابة 1 g في 1 L من المحلول.

علما أن الكتل الموليّة: $Mr\ (H_2SO_4 = 98\ ,\ NaOH = 40)\ g/mol$

3- أحسب عدد مولات NaOH المذابة في 500 mL من محلول تركيزه 0.2 M

4- أحسب كتلة K_2SO_4 اللازمة إذابتها في 250 mL من الماء المقطر لعمل محلول منها تركيزه 0.01 M

إجابات ورقة العمل (2)

الوحدة الثالثة: المحاليل **الدرس الأول**: التركيز المولاري(المولارية)

أحسب مولارية المحاليل الآتية:

1- محلول حمض الكبريتيك الذي تكون باذابة 0.98 g في 500 mL من المحلول.

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

$$= \frac{0.98\ g}{0.5\ g/mol}$$

$$= 1.96\ mol$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$= \frac{1.96 mol}{0.5\ L} = 3.92\ mol/L$$

2- محلول هيدروكسيد الصوديوم الذي تكون باذابة 1 g في 1 L من المحلول.

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

$$= \frac{1\ g}{40\ g/mol}$$

$$= 0.025 mol$$

$$= \frac{0.025\ mol}{1\ L} = 0.025\ mol/L$$

3- أحسب عدد مولات NaOH المذابة في 500 mL من محلول تركيزه 0.2 M

$$0.2\ mol/L = \frac{n}{0.5L}$$

$$n = 0.2\ mol/L \times 0.5\ L = 0.1 mol$$

4- أحسب كتلة K_2SO_4 اللازمة إذابتها في 250 mL من الماء المقطر لعمل محلول منها تركيزه 0.01 M

$$m = 0.01\ M \times 0.25\ L \times 174\ g/mol = 0.435\ g$$

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتجارب العملية

الصفحة 15 من كتاب الأنشطة والتجارب العملية. زمن التنفيذ: 5 دقائق

التجربة الإثرائية: قطبية الجزيئات

الهدف: أستكشفُ قطبيّةَ بعض الجُزَيئات.

المهارات العلمية: القياس، الاستنتاج.

إرشادات السلامة:

أوجّه الطلبة إلى اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر، وارتداء معطف المختبر والنظارات الواقية والقفازات.

إجراءات وتوجيهات:

- أجهّز المواد والأدوات وأتفقد الأدوات وجاهزيتها قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- أوزّع الطلبة في مجموعات، ثم أوزّع عليهم المهمات حيث تنفذ كل مجموعة خطوات إجراء التجربة بشكل متسلسل.
- أتجوّل بين مجموعات الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- أتابع الطلبة أثناء تنفيذ الإجراءات، وأقوّم أداءهم، وأتأكد أنهم تمكنوا من فتح السحاحة لتصب الماء على شكل خيط رفيع، وأن قضيب البلاستيك قد قُرّب من الماء بشكل كاف.
- أطلب إلى المجموعات إجابة أسئلة التحليل والاستنتاج الخاصة بالتجربة.

توجيه: أستثمرُ نتائج هذه التجربة لتأكيد أن المواد القطبية تتأثر بالمجال المغناطيسي.

التحليل والاستنتاج:

1- عند دَلْكِ قضيبِ البلاستيك بقطعة الصوف تنتقل شحنات سالبة من الصوف إلى القضيب، فيكسبه ذلك شحنة كهربائية سالبة.

2- تنجذب جزيئات الماء نحو قضيب البلاستيك المشحون بشحنة سالبة. بينما لا تنجذب جزيئات الهكسان.

3- جزيئات الماء لها خصائص قطبية، لأنها تنجذب نحو قضيب البلاستيك المشحون بشحنة سالبة.

تقويم تجربة: قطبية الجزيئات.

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

الرقم	معيار الأداء	التقدير	
		نعم	لا
1	دَلْكُ قضيبِ البلاستيك جيدا بالصوف.		
2	تقريب قضيب البلاستيك من الماء إلى حد كاف لتوليد الأثر.		
3	تسجيل الملاحظات بشكل دقيق.		
4	تفسير انحراف الماء عن مساره عند تقريب قضيب البلاستيك.		
	تصنيف المواد المستخدمة في التجربة إلى مواد قطبية وأخرى غير قطبية.		

إجابات أسئلة التفكير

السؤال الأول:

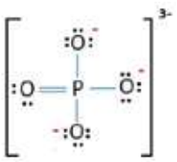
1 . لأن درجة انصهاره أعلى من باقي المواد في الجدول، على الرغم من أن الكتلة المولية للماء هي الأقل ويفترض أن تكون له درجة انصهار أقل.

2 . الجزيء H_2Te؛ إذ ترتبط جزيئات (H_2Te, H_2Se, H_2S) بقوى ثنائية القطب التي تزداد قوتها بزيادة الكتلة المولية، مما يؤدي إلى زيادة درجة الانصهار.

3 . لأن جزيئات الماء تُكوّن في ما بينها شبكة من الروابط الهيدروجينية التي تعدّ أقوى من القوى ثنائية القطب التي تنشأ بين جزيئات باقي المواد في المجموعة.

السؤال الثاني:

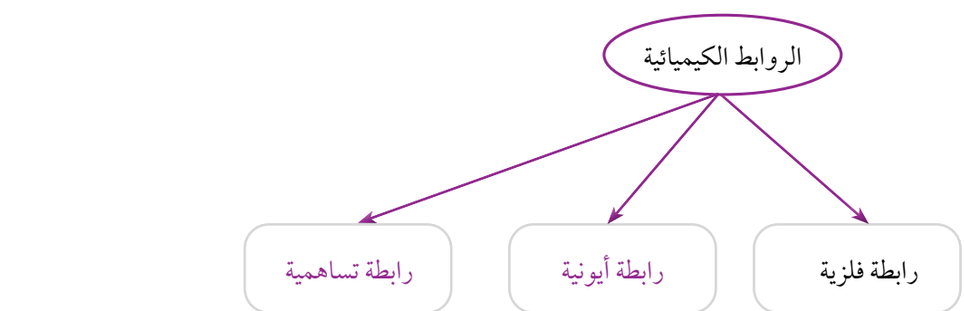
1 . تركيب لويس للأيون PO_4^{3-}.



2 . لا تحاط ذرة الفسفور P بأزواج إلكترونات غير رابطة.

3 . الشكل الفراغيّ المتوقع للأيون PO_4^{3-}: رباعي الأوجه منتظم.

السؤال الثالث:



أولًا- المراجعُ العربيةُ:

1. حسام، خليل. (2009). **موسوعة الكيمياء الشاملة**، (ج2). عمّان: دار أسامة للنشر والتوزيع.
2. محمد، صالح ومحمد، صابر وعثمان، عثمان. (2000). **أسس ومبادئ الكيمياء**، (ج2). بيروت: الدار العربية للطباعة والنشر.
3. الخطيب، إبراهيم وعبيد، مصطفى. (2004). **الكيمياء العامة**، عمّان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.
4. برادي، جيمس وهيوم ستون، جيرارد. (1992). **الكيمياء العامة والمبادئ والبنية**، (ج1)، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلّبي نيويورك، جون ويلي للنشر.
5. الدرملي، محمد إسماعيل. (2018). **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة؛ ماهيتها، عناصرها**. مصر: دار العلم والإيمان للنشر والتوزيع.
6. الحيلة، محمد. (2012). **طرائق التدريس واستراتيجياته**، (ط4). العين: دار الكتاب الجامعي.
7. صالح، حسام. (2016). **طرائق واستراتيجيات تدريس العلوم**، بغداد: دار الكتب والوثائق الوطنية.
8. رزوقي، رعد والأمير، فاطمة ونجم، وفاء وأحمد، زينب. (2016). **تدريس العلوم واستراتيجياته**، عمّان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

1. Harper Collins, (2014). Collins International GCSE, **Chemistry**, Cambridge UK.
2. Gammon, E., (2011). **General Chemistry**, 10th Ed., Houghton Mifflin Company.
3. Winter, M., (2004). **Chemical Bonding** , Oxford.
4. Zumdal, S., (2007). **Chemistry**,7th Ed.,Boston, NewYork.
5. Change, R., (2010). **Chemistry**, 10th Ed., Singapore.
6. Myers, T., Oldham, **Chemistry**, (2006). Online Ed, Holt, Rinehart Winston.
7. Brady, Russell, Holum, K., & Tocci, S., (2000). **Chemistry Matter and its Change**, 3rd Ed., Wiley.
8. Brown, A.H., & Green T.D., (2015). The **Essentials of Instructional Design: Connecting Fundamental Principles with Process and Practice**. Routledge.
9. Sarquis. **Modern Chemistry,** Teacher Edition, 2017.Houghton Mifflin Harcourt
10. **AS&A Level Chemistry**, Teacher Guide,2020, ,Lodon

Collins