المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم
National Center
for Curriculum Development and Evaluation

الكيمياء

الصف العاشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

10

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

بلال فارس محمود
تيسير أحمد الصبيحات
حازم محمد أحمد
عبد الله نايف دواغرة

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

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

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

قرَّرت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم في جلسته رقم (2020/3)، تاريخ 2020/6/2 م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم (2020/41)، تاريخ 2020/6/18 م، بدءًا من العام الدراسي 2020 / 2021 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development and Evaluation. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development and Evaluation. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 -252 - 7

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية:
(2022/3/1364)

375,001

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

الكيمياء: الصف العاشر: كتاب الطالب (الفصل الأول)/ المركز الوطني لتطوير المناهج.-ط2؛ مزيدة ومنقحة.- عمان: المركز، 2022

(90) ص.

ر.إ.: 2022/3/1364

الواصفات: / تطوير المناهج/ / المقررات الدراسية/ / مستويات التعليم/ / المناهج/

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 Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1441 هـ / 2020 م
الطبعة الثانية 1447 هـ / 2026 م

منهاجي
متعة التعليم الهادف

قائمةُ المحتوياتِ

الموضوعُ	الصفحـةُ
المقدمةُ	5
الوحدةُ الأولى: بِنيةُ الذرَّةِ وتركيبُها	**7**
تجربةٌ استهلاليةٌ: الطيفُ الذرِّيُّ	9
الدرسُ الأولُ: نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ	10
الدرسُ الثاني: النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ	20
الإثراءُ والتوسعُ: الخلايا الكهروضوئيةُ	24
مراجعةُ الوحدةِ	25
الوحدةُ الثانيةُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ	**27**
تجربةٌ استهلاليةٌ: نمذجةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ	29
الدرسُ الأولُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ	30
الدرسُ الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ	39
الإثراءُ والتوسعُ: مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ	48
مراجعةُ الوحدةِ	49

الوحدةُ الثالثةُ: المُركَّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ **51**

تجربةٌ استهلاليةٌ: الروابطُ في المُركَّباتِ التساهميةِ 53

الدرسُ الأولُ: الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها 54

الدرسُ الثاني: الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ 61

الإثراءُ والتوسعُ: السبائكُ 72

مراجعةُ الوحدةِ 73

مسردُ المصطلحاتِ 75

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله ربّ العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين.

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني وتسليحه بالعلم والمعرفة، سعى المركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها؛ لتكون معينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي، ومجاراة أقرانهم في الدول المتقدمة.

وَيُعَدُّ هذا الكتاب واحدًا من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعْنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحَلِّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المُتَّبَعة عالميًّا؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها حاجات أبنائنا الطلبة والمعلِّمين والمعلِّمات.

وقد جاء هذا الكتاب مُحقِّقًا لمضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومُؤشِّرات أدائها المُتمثِّلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الواحد والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعتَزٍّ -في الوقت نفسه- بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدةً للاستقصاء، وحَلِّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلًا عن اعتماد منحى STEAM في التعليم الذي يُستعمَل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتألَّف الكتاب من ثلاث وحدات دراسية، هي: بنية الذرَّة وتركيبها، والتوزيع الإلكتروني والدورية، والمُركَّبات والروابط الكيميائية.

أُلحِقَ بكتاب الكيمياء كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي على جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب؛ لتساعده على تنفيذها بسهولة، وذلك اعتمادًا على منحنى STEAM في بعضها، بدءًا بعرض الأساس النظري لكل تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات السلامة،

وانتهاءً بأسئلة التحليل والاستنتاج. وَتَضَمَّنَ الكتاب أيضًا أسئلة تحاكي أسئلة الاختبارات الدولية؛ بُغْيَةَ تعزيز فهم الطالب لموضوعات المادة، وتنمية التفكير الناقد لديه.

ونحن إذ نُقدّمُ هذه الطبعةَ منَ الكتاب، فإنّا نأمَلُ أن يُسهِمَ في تحقيق الأهداف والغايات النهائيّة المنشودة لبناء شخصيّة المتعلّم، وتنمية اتجاهات حُبّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمرّ، فضلًا عن تحسين الكتاب بإضافة الجديد إلى محتواهُ، وإثراءِ أنشطته المتنوّعة، والأخذِ بملاحظات المعلّمين والمعلِّمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج والتقويم

الوحدةُ 1

بِنيةُ الذرَّةِ وتركيبُها

The Structure and Composition of The Atom

أتأمَّلُ الصورةَ

تدورُ الإلكتروناتُ حولَ النواةِ في مستوياتٍ مُحدَّدةٍ منَ الطاقةِ، فما طاقةُ هذهِ المستوياتِ؟ ما دلائلُ انتقالِ الإلكترونِ بينَ المستوياتِ المُختلِفةِ للطاقةِ في الذرَّةِ؟

الفكرةُ العامةُ:

يُعَدُّ تطوُّرُ العلومِ وأدواتُ البحثِ العلميِّ الأساسَ الذي أسهمَ في تطويرِ النظرياتِ التي فسَّرَتْ بِنيةَ الذرَّةِ، وساعدَ على تعرُّفِ تركيبِها وخصائصِها.

الدرسُ الأولُ: نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: ينبعثُ الضوءُ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ في صورةِ وحداتٍ منَ الطاقةِ (وحداتُ الكَمِّ) تُسمّى الفوتوناتِ.

الدرسُ الثاني: النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: يُمكِنُ وصفُ وجودِ الإلكترونِ حولَ النواةِ، وطاقتِهِ، وشكلِ الفَلَكِ فيهِ باستخدامِ أعدادِ الكَمِّ.

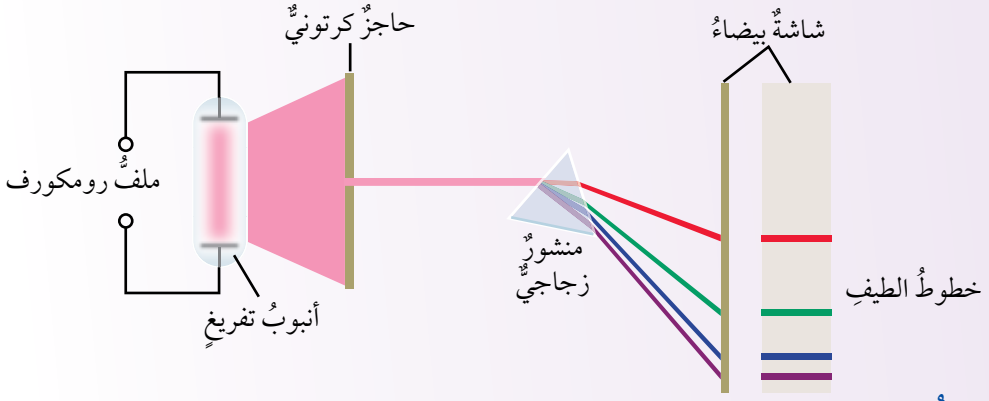
الطيفُ الذرِّيُّ

الموادُّ والأدواتُ: شاشةٌ أوْ ورقةُ كرتونٍ بيضاءُ، منشورٌ زجاجيٌّ، حاجزُ كرتونٍ مُقوًّى، أنبوبُ تفريغٍ (الصوديومُ، الهيدروجينُ، النيونُ)، مصباحٌ ضوئيٌّ، ملفُّ رومكورف، مصدرٌ كهربائيٌّ.

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ عندَ استعمالِ ملفِّ رومكورف؛ فهوَ ذو فولتيةٍ عاليةٍ جدًّا.

خطواتُ العملِ:

1. أعملُ شَقًّا مستطيلًا رفيعًا في حاجزِ الكرتونِ، طولُهُ 2 cm.
2. أضعُ الشاشةَ البيضاءَ على مسافةٍ مناسبةٍ منْ شَقِّ حاجزِ الكرتونِ بحيثُ تكونُ مُقابِلةً لهُ، ثمَّ أضعُ المنشورَ الزجاجيَّ في منتصفِ المسافةِ بينَهُما.
3. أُضيءُ المصباحَ، ثمَّ أضعُهُ خلفَ حاجزِ الكرتونِ على نحوٍ يسمحُ لحزمةٍ ضوئيةٍ ضيِّقةٍ بالمرورِ خلالَ الشَّقِّ.
4. **أُلاحِظُ.** أُحرِّكُ المنشورَ الزجاجيَّ لتعديلِ زاويةِ سقوطِ الضوءِ عليْهِ حتّى يتجمَّعَ الضوءُ الصادرُ منَ المنشورِ على الشاشةِ البيضاءِ.
5. **أُلاحِظُ.** أضعُ أنبوبَ التفريغِ الذي يحوي غازَ الهيدروجينِ محلَّ المصباحِ الضوئيِّ، ثمَّ أُكرِّرُ الخطواتِ السابقةَ باستعمالِ ملفِّ رومكورف.



التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – **أفسرُ** كيف يظهرُ الضوءُ الصادرُ عنِ المصباحِ على الشاشةِ البيضاءِ.

2 – أَصِفُ الضوءَ الصادرَ عنْ أنبوبِ التفريغِ.

3 – **أستنتجُ** الفرقَ بينَ ألوانِ الضوءِ الصادرةِ في كلتا الحالتيْنِ.

الدرسُ 1

نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ

The Bohr Theory of the Hydrogen Atom

الفكرةُ الرئيسةُ:

ينبعثُ الضوءُ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ في صورةِ وحداتٍ منَ الطاقةِ (وحداتُ الكَمِّ) تُسمّى الفوتوناتِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أوضّحُ المقصودَ بالطّيفِ الكهرمغناطيسيِّ.
- أوضِّحُ أهمَّ فروضِ نظريةِ بور لذرّةِ الهيدروجينِ.
- أحسبُ طاقةَ المستوياتِ وفقَ نظريّةِ بور.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الطيف المرئي	Visible Spectrum
الطيفُ المتصلُ	Continuous Spectrum
الطيف غير المرئي	Invisible Spectrum
الكَمُّ	Quantum
طولُ الموجةِ	Wavelength
التردُّدُ	Frequency
الذرَّةُ المثارةُ	Exited Atom
الطّيفُ الذرّيُّ	Atomic Spectrum
الطيفُ الخطِّيُّ	Line Spectrum
مستوى الطاقةِ	Energy Level.

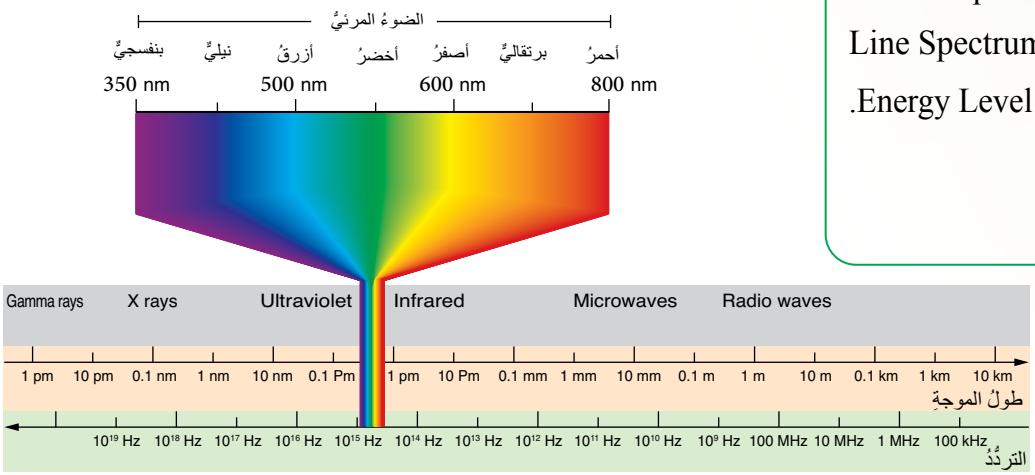
الضوءُ مصدرُ معلوماتٍ عنِ الذرَّةِ

Light Provides Information About The Atom

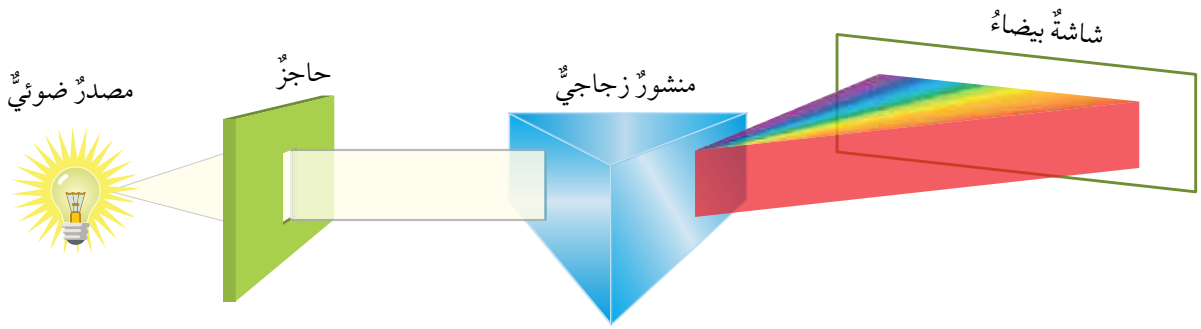
يُعَدُّ الضوءُ المصدرَ الرئيسَ للمعلوماتِ التي استندَتْ إليْها النظرياتُ الحديثةُ في تفسيرِ بنيةِ الذرَّةِ وتركيبِها؛ فقدْ لاحظَ العلماءُ في أواخرِ القرنِ التاسعَ عشرَ انبعاثَ الضوءِ منْ بعضِ العناصرِ عندَ تسخينِها؛ ما دفعَهُمْ إلى دراسةِ الضوءِ وتحليلِهِ، وتوصَّلوا إلى ارتباطِ سلوكِ العنصرِ بالتوزيعِ الإلكترونيِّ. وقدِ استندَ نيلز بور إلى نتائجِ هذهِ الدراساتِ في بناءِ نموذجِهِ الكَمِّيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ. لتعرُّفِ نموذجِ بور، يجبُ أوّلًا تعرُّفُ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.

الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum

ينتشرُ الضوءُ في الفراغِ بسرعةٍ ثابتةٍ على شكلِ أمواجٍ يُمكِنُ وصفُها عنْ طريقِ أطوالِها الموجيةِ وتردُّدِها؛ إذْ تتفاوتُ هذهِ الأطوالُ الموجيةُ تفاوُتًا كبيرًا، فبعضُها يتناهى في الصغرِ مثلُ أشعةِ غاما، ويقاسُ بالأجزاءِ منَ المترِ (النانومترُ)، وبعضٌ آخرُ أطوالُهُ كبيرةٌ، وهوَ يقاسُ بالأمتارِ أوِ مئاتِ الأمتارِ، مثلُ أمواجِ الراديو والتلفازِ. يُطلَقُ على الإشعاعاتِ الكهرمغناطيسيةِ كافّةً الناتجةِ مِنْ تحلّلِ الضّوءِ اسمُ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ **Electromagnetic Spectrum** والشكلُ (1) يُبيِّنُ الأطوالَ الموجيةَ والتردُّداتِ المُختلِفةَ للطيفِ الكهرمغناطيسيِّ.



الشكلُ (1): الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ.



الشكلُ (2/ أ): الطيفُ المستمرُّ.

أُفسِّرُ سببَ تحلُّلِ الضوءِ بعدَ خروجِهِ منَ المنشورِ.

ينقسمُ الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ إلى قسميْنِ، هما:

الطيفُ المرئيُّ Visible Spectrum: يُمثِّلُ هذا الطيفُ الضوءَ العاديَّ، ويُمكِنُ للعينِ تمييزُهُ، وهوَ مدًى ضيِّقٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ في الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، يتراوحُ بينَ 350 نانومترًا وَ 800 نانومترٍ، ويظهرُ على شكلِ حزمةٍ منَ الأشعةِ الملونةِ المتتابعةِ (الأطوالُ الموجيةُ، والتردُّداتُ) منْ دونِ ظهورِ حدودٍ فاصلةٍ واضحةٍ بيْنَها، وقدْ أُطلِقَ على هذهِ الحزمةِ اسمُ **الطيفِ المتصلِ**، أوِ **الطيفِ المستمرِّ Continuous Spectrum** كما في الشكلِ (2/ أ). منَ الأمثلةِ على الطيفِ المرئيِّ قوسُ المطرِ الذي يظهرُ في السماءِ نتيجةَ تشتيتِ حبّاتِ المطرِ لضوءِ الشمسِ كما في الشكلِ (2/ ب).

الشكلُ (2/ ب): قوسُ المطرِ.

الطيفُ غيرُ المرئيِّ Invisible Spectrum: يشملُ هذا الطيفُ جميعَ الأطوالِ الموجيةِ التي يزيدُ طولُها على 800 نانومترٍ، وتقعُ تحتَ الضوءِ الأحمرِ، مثلَ: أمواجِ الراديو والتلفازِ، وتلكَ التي يقلُّ طولُها عنْ 350 نانومترًا، وتقعُ فوقَ الضوءِ البنفسجيِّ، مثلَ الأشعةِ السينيةِ التي يستخدمُها الأطباءُ في تصويرِ أجزاءِ الجسمِ، مثلِ: العظامِ.

أجرى العالِمانِ ماكس بلانك وألبرت آينشتاين تجاربَ عديدةً لدراسةِ الضوءِ وتعرُّفِ طبيعتِهِ، أسفرَتْ عنْ معرفةِ الطبيعةِ المزدوجةِ (موجيةٌ-ماديةٌ) للضوءِ، وانبعاثِهِ منَ الذرّاتِ بتردُّداتٍ مُحدَّدةٍ تُسمّى **الكَمَّ Quantum**، أوِ الفوتوناتِ Photons التي يحملُ كلٌّ منْها مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ يتناسبُ طرديًّا معَ تردُّدِهِ، وهيَ تُمثِّلُ الوحداتِ الأساسيةَ المُكوِّنةَ للضوءِ. وقدْ عبَّرَ عنْها بلانك بالعلاقةِ الآتيةِ:

العالِمُ ماكس بلانك.

$$E = h\nu$$

حيثُ:

E: طاقةُ الفوتونِ وَتُقاسُ بالجول (J).

h: ثابتُ بلانك، ويساوي (6.63×10^{-34} J.s).

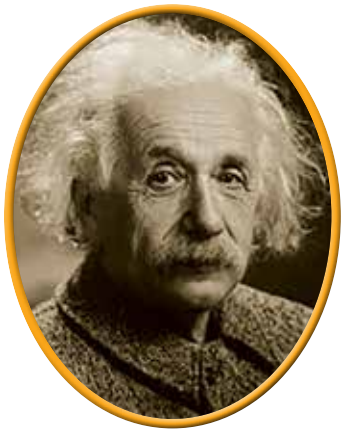
ν: تردُّدُ الضَّوءِ وَيُقاسُ بالهيرتز (Hz).

أثبتَتِ الدراساتُ الفيزيائيةُ أنَّ تردُّدَ الضوءِ يتناسبُ عكسيًّا معَ طولِ موجتِهِ، وأنَّهُ يُمكِنُ التعبيرُ عنْ ذلكَ بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$c = \lambda\nu$$

حيثُ:

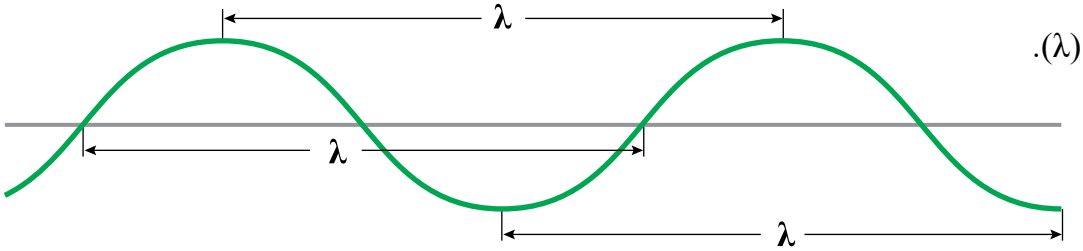
c: سرعةُ الضوءِ في الفراغِ، وتساوي (3×10^{8} m\s).

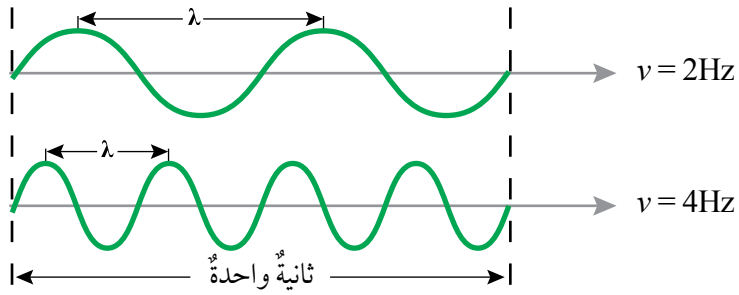


العالِمُ ألبرت آينشتاين.

طولُ الموجةِ Wavelength (λ): المسافةُ الفاصلةُ بينَ قِمَّتيْنِ متتاليتيْنِ، أوْ قاعيْنِ متتاليَيْنِ، وهيَ تُقاسُ بالمترِ، أوِ النانومترِ. والشكلُ (3) يُبيِّنُ طولَ الموجةِ.

الشكلُ (3):
طولُ الموجةِ (λ).





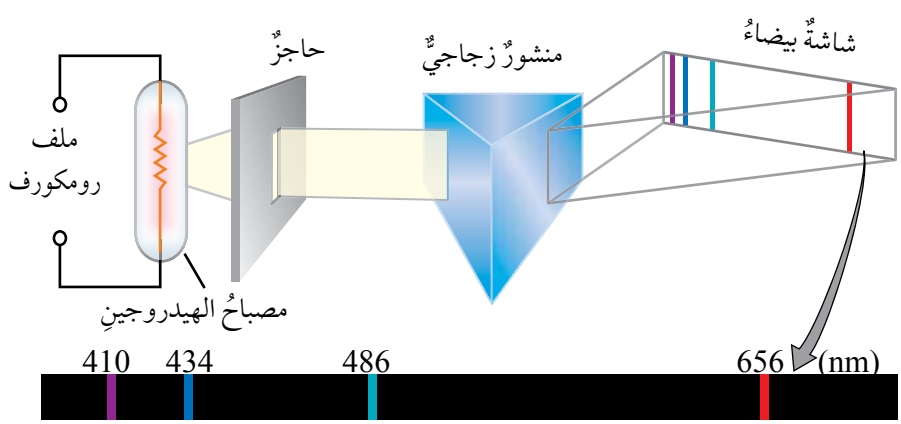
الشكلُ (4): التردُّدُ، وعلاقتُهُ بطولِ الموجةِ.

أُقارِنُ: أيُّهُما أطولُ: الموجةُ الأولى أَمِ الموجةُ الثانيةُ؟

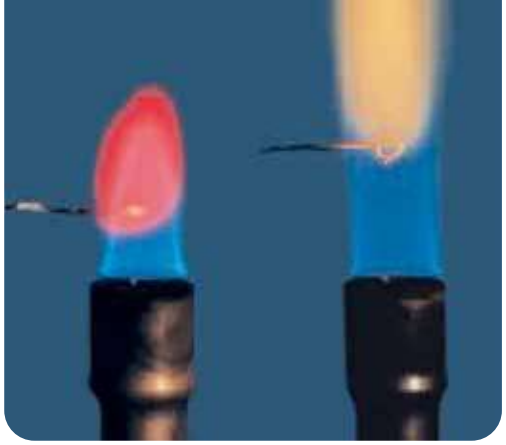
التردُّدُ (v) Frequency: عددُ الموجاتِ التي تمرُّ بنقطةٍ في ثانيةٍ، وهوَ يقاسُ بالهيرتز (Hz)، ويتناسبُ عكسيًّا معَ طولِ الموجةِ. والشكلُ (4) يُبيِّنُ التردُّدَ، وعلاقتَهُ بطولِ الموجةِ.

الطيفُ الذرِّيُّ Atomic Spectrum

لاحظَ العلماءُ أنَّ ذرّاتِ العنصرِ تكتسبُ طاقةً عندَ تسخينِها بلَهبٍ أَوْ عَنْ طريقِ التفريغِ الكهربائيِّ، فتصبحُ في حالةِ عدمِ استقرارٍ، وتُسمّى **الذرّاتِ المثارةِ Exited Atoms**، وأنَّ الذرَّةَ لا تعودُ إلى حالةِ الاستقرارِ إلّا بعدَ فقْدِها الطاقةَ على شكلِ فوتونات. عندَ تحليلِ الضوءِ الصادرِ عنِ الذرّاتِ المثارةِ، مثلِ ضوءِ مصباحِ الصوديومِ، أوْ ضوءِ مصباحِ الهيدروجينِ، تَبيَّنَ أنَّهُ يظهرُ على شكلِ عددٍ منَ الخطوطِ الملونةِ المتباعدةِ، التي يمتازُ كلٌّ منْها بطولِ موجةٍ وتردُّدٍ خاصَّيْنِ بهِ، في ما يُعرَفُ باسمِ **الطيفِ الذرّيِّ Atomic Spectrum**؛ لأنَّهُ صادرٌ عَنْ ذرّاتِ العناصرِ المُثارةِ. ويُعرَفُ أيضًا باسمِ **الطيفِ الخطِّيِّ Line Spectrum**، أَوْ طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ Line Emission Spectrum. والشكلُ (5) يُبيِّنُ الطيفَ الخطِّيَّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.



الشكلُ (5): الطيفُ الخطِّيُّ الناتجُ منْ تحليلِ ضوءِ مصباحِ الهيدروجينِ.



الشكلُ (6): لونُ لهبِ بعضِ العناصرِ .

ولكن، هَلْ تتشابهُ الأطيافُ الخطّيّةُ للعناصرِ المختلفةِ؟

تتحوّلُ ذرّاتُ العنصرِ إلى ذراتٍ مُثارةٍ عندَما تكتسبُ طاقةً، ثُمَّ لا تلبثُ أَنْ تشعَّ هذهِ الطاقةُ عَلى شكلِ ضوءٍ ذو تردّداتٍ وَأطوالٍ موجيةٍ محدّدةٍ؛ فمثلًا، يُظهرُ الصوديوم ضوءًا لونُهُ أصفرُ، ويُظهرُ الليثيوم ضوءًا لونُهُ أحمرُ، أنظرُ الشكلِ (6). وعندَ تحليلِ الضوءِ الصادرِ عَنْ ذرّاتِ العناصرِ المُثارةِ يَظهرُ طيفُ الانبعاثِ الخطّيِّ، ويختلف باختلافِ العنصرِ، إذ إنَّ لكلِّ عنصرٍ طيفَ انبعاثٍ خطّيًّا مميزًا (مثلَ بصمةِ إصبعِ الإنسانِ)، أنظرُ الشكلَ (7).

✓ **أتحقَّقُ:** أُقارِنُ بينَ الطيفِ المتصلِ والطيفِ الخطّيِّ.

الرَّبطُ بالحياة

صاعِقُ البعوض والحَشَرات.

تتميَّزُ الحَشَراتُ بِقُدرَتِها على رؤيةِ الأشعةِ فوقِ البنفسجيّةِ، وغالبًا تنجذبُ الحَشَراتُ اللّيليَّةُ إلى مصادرِ الضّوءِ التي تنبعثُ منها هذهِ الأشعةُ، وللقضاءِ على هذهِ الحَشَراتِ والتخلُّصِ منها طُوِّرَتْ أنواعٌ عديدةٌ مِنَ الأجهزةِ التي تعتمدُ على هذا السلوكِ عندَ الحَشَرات، مثلُ صاعِقِ البعوض، الذي يحتوي على مصباحٍ يُطلِقُ أشعةً فوقَ بنفسجيّةٍ تجذبُ إليها الحَشَرات، فيجري حينئذٍ صعقُها كهرَبائيًّا عنْ طريقِ أسلاكٍ عاليةِ الجُهدِ موضوعةٍ بالقربِ مِنَ المصباح.

الطيفَ الخطيَّ للهيليومِ

الطيفُ الخطيُّ للصوديومِ

الطيفُ الخطيُّ للهيدروجينِ

الشكلُ (7): الطيفُ الخطيُّ لذرّاتِ بعضِ العناصرِ .

التجربةُ 1

اختبار اللهب

الموادُّ والأدواتُ: كلوريـدُ الصوديومِ، كلوريـدُ الليثيومِ، كلوريدُ البوتاسيومِ، كلوريـدُ الكالسيومِ، كـلوريـدُ النحاسِ (I)، سلكُ بلاتينٍ، محلولُ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، موقدُ بنسن، مـاءٌ مُقطَّرٌ، زجاجـاتُ ساعةٍ عددُها (5)، كأسٌ زجاجيةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:

- اتباعُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- إشعالُ عودِ الثِّقابِ أوِ الولّاعةِ قبلَ فتحِ غازِ بنسن.
- عـدمُ لمسِ حمـضِ الهيدروكلوريـكِ، أوِ استنشاقِ بخارِهِ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ في كلِّ زجاجةِ ساعةٍ كميَّةً قليـلةً منْ أحدِ الأملاحِ.
2. أُشعِـلُ موقـدَ بنسن، ثمَّ أتركُـهُ قريبًا منْ مكـانِ تنفيـذِ الإجراءاتِ.
3. أُجـرِّبُ. أغـمسُ سـلكَ البـلاتيـنِ في محـلولِ حمضِ الهيدروكلوريـكِ لتنظيفِهِ منْ أيِّ عوالقَ، ثـمَّ أضعُهُ على اللهبِ بضعَ ثوانٍ.
4. أُجرِّبُ. أغمسُ سـلكَ البلاتيـنِ في الماءِ المُقطَّرِ، ثـمَّ أغمسُهُ في كلوريـدِ الصوديومِ ليلتقطَ بعضَ الملحِ.
5. أُلاحِـظُ. أضعُ سلكَ البلاتيـنِ على اللهبِ لحرقِ الملحِ، فيظهر لون اللّهبِ للعنصرِ. ما اللونُ الذي أُشاهِدُهُ؟ أُدَوِّنُ إجابتي في جدولٍ.
6. أُطبِّقُ الخطواتِ السابقةَ على جميـعِ الأمـلاحِ الأُخرى التي وردَ ذكرُها آنفًا، مُدَوِّنًا في الجدولِ لونَ اللهب في كلِّ مَرَّةٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أفسر اختلاف لونِ اللّهبِ منْ عنصر إلى آخـرَ في المُركَّبـاتِ السابقةِ؟
2. أستنتجُ اعتمادًا على ألـوانِ الطيـفِ المرئـيِّ، ما العلاقةَ بيـنَ لونِ اللهب وطاقتِهِ؟

فرضياتُ نظريةِ بور Bohr's Postulates Theory

أسهمَتِ القوانينُ والنظرياتُ الفيزيائيةُ في إظهارِ قُصورِ نموذجِ ردرفورد؛ إذْ أفادَتْ بوجوبِ فقْدِ الإلكترونِ الطاقةَ باستمرارٍ في أثناءِ دورانِهِ حولَ مركزٍ مشحونٍ؛ ما يعني أنَّهُ يدورُ في مسارٍ يقلُّ نصفُ قُطْرِهِ تدريجيًّا إلى أنْ يسقطَ في المركزِ. وبناءً على ما سبقَ، يُفترَضُ أنْ تسقطَ الإلكتروناتُ في النواةِ، وتتهدَّمَ الذرَّةُ، لكنَّ ذلكَ لا يحدثُ حقيقةً؛ فالذرّاتُ باقيةٌ لا تتهدَّمُ.

اعتمدَ العالِمُ نيلز بور على النتائجِ التي توصَّلَ إليْها العالِمانِ بلانك وآينشتاين، ودرسَ ذرَّةَ الهيدروجينِ، وتوصَّلَ إلى نظريةٍ تُفسِّرُ حركةَ الإلكتروناتِ حولَ النواةِ منْ دونِ سقوطِها في المركزِ. وقدْ تضمَّنَتْ نظريتُهُ افتراضيْنِ، هما:

1 امتلاكُ الإلكترونِ مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ يساوي طاقةَ المستوى الموجودِ فيهِ؛ ما يشيرُ إلى وجودِ مستوياتٍ عِدَّةٍ للطاقةِ Energy Levels توجدُ فيها الإلكتروناتُ، وتُعرَفُ باسمِ المستوياتِ الرئيسةِ للطاقةِ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (n)، وتُستخدَمُ فيها الأعدادُ (1,2,3,4.....∞). ويُبيِّنُ الشكلُ (8) مستوياتِ الطاقةِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ؛ حيثُ تُساوي طاقةُ وضعِ الإلكترونِ في المستوى اللانهائيِّ صفرًا، وعندما يقتربُ مِنَ النّواةِ يفقدُ الطاقةَ ويزدادُ انجذابُهُ نحوَها وتصبحُ طاقةُ وضعِهِ أقلَّ مِنَ الصِّفرِ (سالبة). يُمكِنُ إيجادُ طاقةِ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

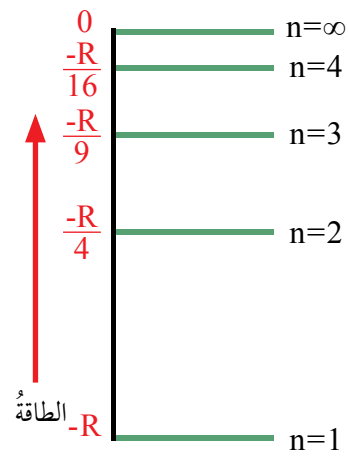
$$E_n = \frac{-R_H}{n^2}$$

حيثُ:

E_n: طاقةُ المستوى، وَتُقاسُ بالجول (J).

R_H: ثابتُ ريد بيرغ ($R_H = 2.18\times10^{-18}$J).

n: رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ.



الشكلُ (8): مستوياتُ الطاقةِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

المثالُ 1

أحسُبُ طاقةَ المستوى الرابعِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

الحلُّ:

$$E_n = \frac{-R_H}{n^2}$$

$$E_4 = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{4^2}$$

$$E_4 = -0.136 \times 10^{-18}\ J$$

العالِمُ نيلز بور.

2 تغيُّرُ طاقةِ الإلكترونِ في الذرَّةِ عندَ انتقالِهِ منْ مستوى طاقةٍ إلى آخرَ، على النحوِ الآتي:

a – اكتسابُ إلكترونِ ذرَّةِ الهيدروجينِ مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ؛ ما يسمحُ لهُ بالانتقالِ إلى مستوى طاقةٍ أعلى.

b – انبعاثُ الضوءِ منَ الذرَّةِ في صورةِ وحداتٍ منَ الطاقةِ (الكَمُّ) تُسمّى الفوتوناتِ على شكلِ إشعاعاتٍ ضوئيةٍ، لكلٍّ منْها تردّد وطولُ موجةٍ خاصٌّ بهِ، وذلكَ عندَ انتقالِ الإلكترونِ منْ مستوى طاقةٍ أعلى إلى مستوى طاقةٍ أقلَّ؛ ما يؤدي إلى نشوءِ طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ.

أبحَثُ في مصادر المعرفة المناسبة عن فروض نظريّة بور لذرة الهيدروجين، وحسابات الطاقة المرتبطة بها، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّف.

يُمكِنُ حسابُ فرقِ الطاقةِ ΔE بينَ المستويَيْنِ اللذيْنِ انتقلَ بينَهُما الإلكترونُ باستخدامِ المعادلةِ الآتيةِ:

$$|\Delta E| = |E_{n_2} - E_{n_1}|$$

حيثُ:

E_{n_2}: طاقة المستوى الذي انتقلَ إليْهِ الإلكترونُ (المستوى النهائي).

E_{n_1}: طاقة المستوى الذي انتقلَ منْهُ الإلكترونُ (المستوى الابتدائي).

وبتعويضِ طاقةِ المستوى في العلاقةِ السابقةِ، فإنَّ:

$$|\Delta E| = \left(\frac{-R_H}{n_2^2}\right) - \left(\frac{-R_H}{n_1^2}\right)$$

يُمكِنُ إعادةُ ترتيبِ هذهِ العلاقةِ بحيثُ تصبحُ على النحوِ الآتي:

$$|\Delta E| = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

المثالُ 2

أحسُبُ الطاقةَ التي يمتصّها إلكترون ذرَّةِ الهيدروجينِ عندَ الانتقال منَ المستوى الثاني إلى المستوى الرّابع.

الحلُّ: $n_2=4$, $n_1=2$

$$|\Delta E| = |En_2 - En_4|$$

$$|\Delta E| = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right)$$

$$= 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right)$$

$$= 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{3}{16}\right) = 4.08 \times 10^{-19}\ J$$

المثالُ 3

أحسُبُ الطاقةَ المُنبعِثةَ منْ ذرَّةِ هيدروجينٍ مثارةٍ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى الرابعِ إلى المستوى الأولِ.

الحلُّ: $n_1=1$, $n_2=4$

$$|\Delta E| = |En_4 - En_1|$$

$$|\Delta E| = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{1}\right)$$

$$= 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{15}{16}\right) = 2.04 \times 10^{-18}\ J$$

✓ أتحقَّقُ:

1. أحسُبُ طاقةَ كلٍّ منَ المستوى الأولِ، والثاني، واللانهائيِّ (∞) في ذرَّةِ الهيدروجينِ.
2. أحسُبُ تردُّدُ الضوءِ المُنبعِثِ منْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ في المستوى السادسِ عندَ عودةِ الإلكترونِ إلى المستوى الأوّلِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أوضّحُ فروضَ نظريةِ بور؟

2. أُوضِّحُ: ما المقصودُ بالطيفِ الذرِّيِّ؟

3. **أُصنِّفُ** الأمواجَ الضوئيةَ الآتيةَ إلى طيفٍ مرئيٍّ، وآخرَ غيرِ مرئيٍّ:
   - الأشعةُ تحتَ الحمراءِ.
   - أمواجُ الراديو.
   - الضوءُ الأصفرُ.

4. **أَستخدمُ الأرقامَ:** أحسُبُ طاقةَ موجةِ الضوءِ المُنبعِثةَ مِنْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ مِنَ المستوى الخامسِ إلى المستوى الثالثِ.

5. **أَستخدمُ الأرقامَ:** إذا كانَتْ طاقةُ الإشعاعِ المُنبعِثةُ مِنْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ عندَ عودتِها إلى حالةِ الاستقرارِ (1.93×10^{-18} J)، أحسُبُ رقمُ مستوى الطاقةِ الأعلى؟

6. أحسُبُ تردُّدُ الضوءِ المُنبعِثِ مِنْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ عندَ عودةِ الإلكترونِ من المستوى الثاني إلى المستوى الأوّلِ؟

الدرسُ 2

النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ

The Wave mechanical model of the atom

الفكرةُ الرئيسةُ:

يُمكِنُ وصفُ وجودِ الإلكترونِ حولَ النواةِ، وطاقتِهِ، وشكلِ الفَلَكِ فيهِ باستخدامِ أعدادِ الكَمِّ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أستكشفُ الذرَّةَ، ومراحلَ تطوُّرِها.
- أستدلُّ على الصفاتِ المُميِّزةِ للعناصرِ عنْ طريقِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الفَلَكُ	Orbital
أعدادُ الكَمِّ	Quantum Numbers

النظريةُ الميكانيكيةُ الموجيةُ Wave Mechanical Theory

تَمكَّنَ بور منْ تفسيرِ الطيفِ الذرِّيِّ للهيدروجينِ، لكنَّهُ لمْ يتمكَّنْ منْ تفسيرِ أطيافِ ذرّاتِ العناصرِ الأُخرى؛ لذا توالَتْ تجاربُ العلماءِ لمعرفةِ طبيعةِ الإلكترونِ. وقدْ وضعَ العالِمُ النمساويُّ شرودنغر Schrodinger تصوُّرًا جديدًا عنْ حركةِ الإلكترونِ الموجيةِ حولَ النواةِ، سمّاهُ النموذجَ الميكانيكيَّ الموجيَّ للذرَّةِ، وأشارَ إلى أنَّ أكبرَ احتمالٍ لوجودِ الإلكترونِ هوَ في منطقةٍ حولَ النواةِ تُشْبِهُ السحابةَ، أطلقَ عليْها اسمَ **الفَلَكِ Orbital**، كما في الشكلِ (9).

وبذلكَ وضعَ شرودنغر معادلةً رياضيةً سُمِّيَتِ المعادلةَ الموجيةَ Wave Equation، ونتجَ منْ حلِّها ثلاثةُ أعدادٍ عُرِفَتْ باسمِ **أعدادِ الكَمِّ Quantum Numbers**. وَهِيَ أعدادُ الكَمِّ: الرئيسِ، والفرعيِّ، والمغناطيسيِّ.

الشكلُ (9): نموذجٌ للسحابةِ الإلكترونيةِ.

أعدادُ الكَمِّ Quantum Numbers

عددُ الكَمِّ الرئيسُ Principal Quantum Number (n)

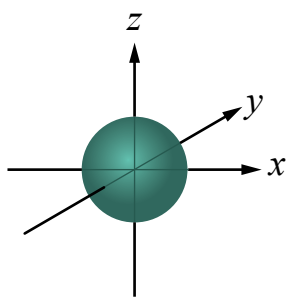
يُمثِّلُ عددُ الكَمِّ الرئيسُ مستوى الطاقةِ الرئيسَ، ومُعدَّلَ بُعْدِهِ عنِ النواةِ، فالمستوى الرئيسُ الأولُ (n=1) -مثلًا- هوَ الأقربُ إلى النواةِ، وأقلُّ المستوياتِ طاقةً، وكلَّما ازدادَتْ قيمةُ (n) ازدادَ بُعْدُ المستوى عنِ النواةِ، وازدادَ حجمُهُ وطاقتُهُ. وبذلكَ، فإنَّ عددَ الكَمِّ الرئيسَ (n) يرتبطُ بحجمِ المستوى، ومُعدَّلِ بُعْدِهِ عنِ النواةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أيُّهُما أكبرُ حجمًا: المستوى (n=3) أمِ المستوى (n=4)؟

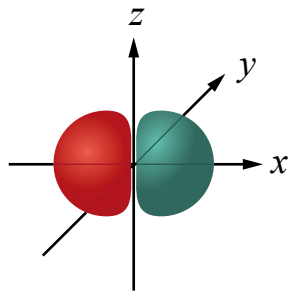
عددُ الكَمِّ الفرعيُّ Lateral Quantum Number (ℓ)

يتكوَّنُ مستوى الطاقةِ الرئيسُ (n) منْ مستوياتِ طاقةٍ فرعيةٍ، عددُها يساوي رقمَ المستوى (n). فالمستوى الرئيسُ الأولُ (n=1) يتكوَّنُ منْ مستوًى فرعيٍّ واحدٍ يُرمَزُ إليْهِ بالحرفِ (s)، والمستوى الرئيسُ الثاني (n=2) يتكوَّنُ منْ مستويَيْنِ فرعيَيْنِ يُرمَزُ إليْهِما بالحرفيْنِ: (s, p)، والمستوى الرئيسُ الثالثُ (n=3) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ مستوياتٍ فرعيةٍ يُرمَزُ إليْها بالأحرفِ: (s, p, d)، والمستوى الرئيسُ الرابعُ (n=4) يتكوَّنُ منْ أربعةِ مستوياتٍ فرعيةٍ يُرمَزُ إليْها بالأحرفِ: (s, p, d, f).

لعددِ الكَمِّ الفرعيِّ (ℓ) خاصيةُ تحديدِ الشكلِ العامِّ للفَلَكِ؛ فالمستوى الفرعيُّ (s) كرويُّ الشكلِ، وأفلاكُ المستوى الفرعيِّ (p) شكلُها (∞)، أمّا أشكالُ المستويَيْنِ: (f, d) فهيَ أكثرُ تعقيدًا. ويُبيِّنُ الشكلُ (10/ أ، ب) أشكالَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ: (p, s).



أ - شكلُ الفَلَكِ (s).



ب - شكلُ الفَلَكِ (p).

الشكلُ (10): أشكالُ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ.

عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ Magnetic Quantum Number (m_ℓ)

يشيرُ عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ إلى أنَّ المستوى الفرعيَّ يتكوَّنُ منْ أفلاكٍ؛ فالمستوى الفرعيُّ (s) يتكوَّنُ منْ فَلَكٍ واحدٍ، والمستوى الفرعيُّ (p) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ أفلاكٍ مُتعامِدةٍ (p_x ,p_y,p_z)، والمستوى الفرعيُّ (d) يتكوَّنُ منْ خمسةِ أفلاكٍ، في حينِ يتكوَّنُ المستوى الفرعيُّ (f) منْ سبعةِ أفلاكٍ.

لعددِ الكَمِّ المغناطيسيِّ خاصيةُ تحديدِ الاتجاهِ الفراغيِّ للفَلَكِ؛ فالمستوى الفرعيُّ (p) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ أفلاكٍ مُتماثِلةٍ منْ حيثُ الشكلُ والحجمُ والطاقةُ في المستوى الرئيسِ الواحدِ، ومُختلِفةٍ في اتجاهِ محاورِها (نسبةً إلى بعضِها) حولَ النواةِ. ويُبيِّنُ الشكلُ (11) الاتجاهَ الفراغيَّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p) الثلاثةِ (p_x ,p_y,p_z) المُتعامِدةِ.

يُمكِنُ اشتقاقُ العلاقةِ بينَ رقمِ المستوى الرئيسِ (n) وعددِ الأفلاكِ فيهِ، حيثُ:

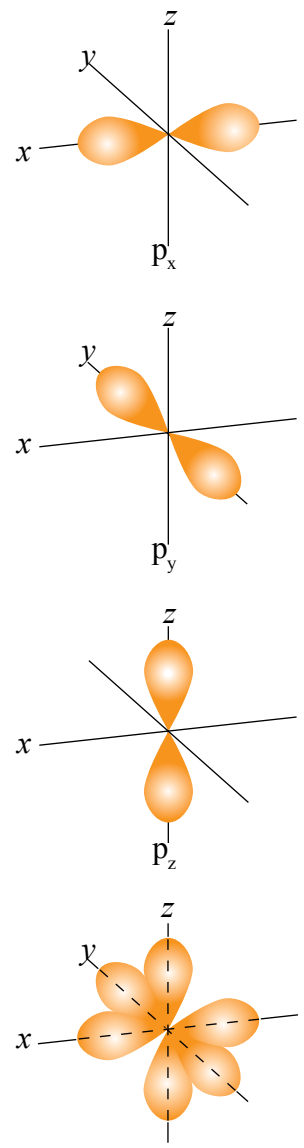
عددُ الأفلاكِ في المستوى الرئيسِ = n^2.

فمثلًا؛ عددُ الأفلاكِ في المُستوى الرئيس الثّاني (n=2) يساوي أربعةُ أفلاكٍ.

✓ **أتحقَّقُ:** ما عددُ الأفلاكِ في المستوى الرئيسِ الثالث؟

عددُ الكَمِّ المغزليُّ (Spin Quantum Number (m_s)

يوجدُ عددُ كَمٍّ رابعٌ، اقترحَ العلماءُ إضافَتَهُ إلى أعدادِ الكَمِّ الثلاثةِ الناتجةِ منْ حلِّ معادلةِ شرودنغر، هوَ عددُ الكَمِّ المغزليُّ (m_s)، الذي يشيرُ إلى اتجاهِ دورانِ (أوْ غزلِ) الإلكترونِ؛ إذْ يدورُ الإلكترونُ حولَ نفسِهِ، فضلًا عنْ دورانِهِ حولَ النواةِ. فعندَ وجودِ إلكترونيْنِ في الفَلَكِ نفسِهِ، فإنَّ كلًّا منْهُما سيدورُ حولَ نفسِهِ باتجاهٍ معاكسٍ لدورانِ الإلكترونِ الآخرِ، ويُبيِّنُ الشكلُ (13) الدورانَ المغزليَّ للإلكترونِ حولَ نفسِهِ.



أفلاكُ (p) مُجتمِعةً.

الشكلُ (11): الاتجاهُ الفراغيُّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p).

أُفكِّرُ: لماذا يوجدُ الإلكترونانِ في الفَلَكِ نفسِهِ بالرغمِ منْ أنَّهُما يحملانِ الشحنةَ نفسَها؟

الجدولُ (1): السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ.

المستوى الفرعيُّ	عددُ الأفلاكِ	السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ
s	1	2
p	3	6
d	5	10
f	7	14

لا يستوعبُ الفَلكُ أكثرَ منْ إلكترونيْنِ. أنظرُ الجـدولَ (2) الذي يُبيِّنُ السعةَ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ، يُمكِنُ استنتاجُ السعةِ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيسُ (n)، ويُعبَّرُ عنْها بالعلاقةِ الآتيةِ:

السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيسُ = $2n^2$.

فمثلًا، السعةُ القصوى للمستوى الرئيسِ الثالثِ (n=3) هيَ (2×3^2)، وتساوي (18) إلكترونًا.

أتحقَّقُ: مـا دلالةُ كـلِّ عـددٍ مـنْ أعـدادِ الـكَمِّ الرئيسِ، والفرعـيِّ، والمغناطيسيِّ، والمغزليِّ؟

أبحَـثُ في مصـادر المعرفـة المناسـبة عـن النمـوذج الميكانيكـيّ الموجـيّ للـذرّة وأعـداد الكَـمِّ الناتجـة عنهـا، ثـمَّ أُعِـدُّ فيلـمًا قصـيرًا عـن ذلـك باسـتخدام برنامـج movie maker، ثـمَّ أعرضُهُ أمـامَ زملائي/ زميـلاتي في الصّـف.

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضِّحُ المقصودَ بكلِّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ الرئيسِ، والفرعيِّ، والمغناطيسيِّ، والمغزليِّ.

2 – أُحَدِّدُ الخاصيةَ التي يشيرُ إليْها كلُّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ: الرئيسِ، والمغناطيسيِّ.

3 – أُحَدِّدُ عددَ المستوياتِ الفرعيةِ في المستوى الرئيسِ الرابعِ.

4 – أُحَدِّدُ عددَ أفلاكِ المستوى الفرعيِّ (d).

5 – **أستنتجُ** السعةَ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيسُ (n=4).

6 – **أُفسِّرُ:** لا يُمكِنُ لإلكترونٍ ثالثٍ دخولُ فَلكٍ يحوي إلكترونيْنِ.

7 – **أستنتجُ:** ما عـددُ الأفـلاكِ في المستوى الرئيسِ المُكوَّنِ منْ ثلاثـةِ مستوياتٍ فرعيةٍ؟

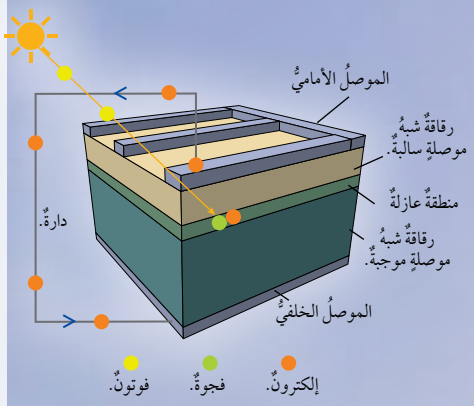
الخلايا الكهروضوئيةُ Photoelectric Cells

يتزايدُ الطلبُ العالميُّ على الطاقةِ بوتيرةٍ متسارعةٍ نتيجةَ الانفجارِ السكانيِّ والتقدُّمِ التكنولوجيِّ؛ ما يُحتِّمُ على الدولِ أنْ تبحثَ عنْ مصادرَ جديدةٍ للطاقةِ أقلَّ تكلفةٍ. وقدْ تركَّزَ الاهتمامُ على مصادرِ الطاقةِ المُتجدِّدةِ بوصفِها بديلًا مناسبًا لتلكِ الآخِذَةِ بالنفادِ، مثلِ: النفطِ، والغازِ الطّبيعيِّ.

تُعَدُّ الطاقةُ الشمسيةُ أحدَ مصادرِ الطاقةِ المُتجدِّدةِ الواعدةِ التي يُمكِنُها معالجةُ أزمةِ الطاقةِ مستقبلًا. وقدْ تطوَّرَتْ صناعةُ الطاقةِ الشمسيةِ على نحوٍ مُضطرِدٍ في مُختلِفِ أنحاءِ العالَمِ؛ نظرًا إلى ارتفاعِ الطلبِ على الطاقةِ. وفي هذا السياقِ، سعى الأردنُّ إلى استغلالِ هذا المصدرِ منَ الطاقةِ تلبيةً لحاجاتِهِ المتزايدةِ منْها، فأطلقَ أكبرَ مشروعِ طاقةٍ على مستوى المنطقةِ. أنظرُ الشكلَ المجاورَ.

إنَّ تقنيةَ الألواحِ الشمسيةِ المعروفةَ باسمِ الفوتوفولتيك Photovoltaic (ذاتُ الصلةِ باللوحاتِ الكهروضوئيةِ) تُمثِّلُ حدثًا علميًّا مُهِمًّا في مجالِ توليدِ الطاقةِ النظيفةِ غيرِ المُكلِفَةِ؛ إذْ تُستعمَلُ هذهِ الألواحُ لتحويلِ ضوءِ الشمسِ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ مباشرةً باستخدامِ موادَّ شبهِ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ، مثلِ: السليكون، والجيرمانيوم الذي تُصنَعُ منْهُ الرقائقُ والألواحُ المُكوِّنةُ للخليةِ الكهروضوئيةِ. ويُبيِّنُ الشكلُ المجاورُ تركيبَ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

مشروعُ الطاقةِ في الأردنِّ الأكبرُ إقليميًّا.



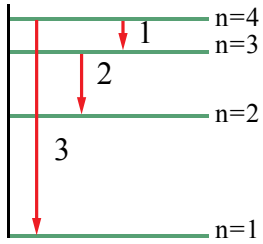
تركيبُ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

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

1. أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ، الفوتونُ.

2. **أُفسِّرُ:** لماذا يحتوي طيفُ الانبعاثِ الخطيُّ على كمياتٍ مُحدَّدةٍ منَ الطاقةِ بحسبِ نموذجِ بور؟

3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ رسمًا تخطيطيًّا لعددٍ منْ خطوطِ الطيفِ الصادرةِ عنْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ. أدرسُ الشكلَ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:



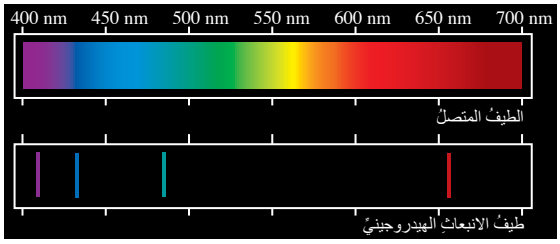
أ . أَجِدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يُمثِّلُها الرقمُ (2).

ب. **أتوقَّعُ** إذا كانَ طيفُ الإشعاعِ الذي يُمثِّلُهُ الرقمُ (3) يظهرُ في منطقةِ الضوءِ المرئيِّ أمْ لا.

جـ. **أستنتجُ** عددَ خطوطِ الطيفِ جميعًا عندَ عودةِ الذرَّةِ إلى حالةِ الاستقرارِ.

4. **أستخدمُ الأرقامَ:** أَحسبُ طاقةَ الإشعاعِ الصادرةَ عنْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ في المستوى الرابعِ عندَ عودةِ الإلكترونِ فيها إلى المستوى الثاني.

5. أدرسُ الشكلَ الآتيَ الذي يُبيِّنُ طيفَ الانبعاثِ لذرَّةِ الهيدروجينِ، ثمَّ أجيبُ عنِ السؤالَيْنِ التاليَيْنِ:



أ . أَجِدُ رقمَ المستوى الذي ينتقلُ منْهُ الإلكترونُ إذا كانَتْ طاقةُ فوتونِ الضوءِ الناجمةُ عنِ انتقالِهِ إلى المستوى الثاني هيَ ($0.21\ R_H$) جول.

ب. **أستنتجُ** موقعَ هذا الخطِّ ولونَهُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

6. أُعبِّرُ بدلالةِ (R_H) عنْ مقدارِ الطاقةِ اللازمِ لنقلِ الإلكترونِ منَ المستوى الثاني إلى المستوى الخامسِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

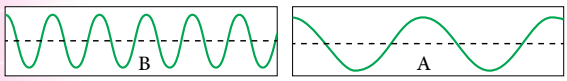
7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عِدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ مُتباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، ومناطقَ واسعةٍ في مُختلِفِ أنحاءِ العالَمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

رقمُ الموجةِ	التردُّدُ	الموجةُ	منطقةُ استقبالِ البثِّ
1	90MHz	FM	عمّانُ.
2	1035 KHz	AM	شمالُ الأردنِّ، ووسطُهُ، وجنوبُهُ انتهاءً بالنقبِ.

أ . أَجِدُ الطولَ الموجيَّ لكلِّ تردُّدٍ.

ب. أَجِدُ طاقةَ الفوتونِ لكلِّ تردُّدٍ.

جـ. أيُّهُما يُمثِّلُ التردُّدَ لموجةِ FM: نموذجُ شكلِ الموجةِ A أمْ نموذجُ شكلِ الموجةِ B؟



8. **أستخدمُ الأرقامَ:** ذرَّةُ هيدروجينَ مثارةٌ في مستوًى مجهولٍ، يتطلَّبُ تحويلُها إلى أيونٍ موجبٍ أنْ تُزوَّدَ بكميةٍ منَ الطاقةِ مقدارُها ($0.11\ R_H$) جول. أحسبُ رقمَ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ.

9. إذا كانَ طولُ موجةِ الإشعاعِ المُرافِقِ لعودةِ الإلكترونِ منْ مستوًى بعيدٍ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ هوَ (121) نانومترًا، فأَجِدُ:

أ . طاقةَ هذا الإشعاعِ.

ب. رقمَ المستوى الأعلى الذي عادَ منْهُ الإلكترونُ.

10. عددُ الكَمِّ الرئيسُ لإلكترونٍ (n= 3):

أ . ما عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ؟

ب. ما عددُ الأفلاكِ في هذا المستوى؟

جـ. ما السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يُمكِنُ أنْ يستوعبَها هذا المستوى؟

د . ما قيمُ أعدادِ الكَمِّ الفرعيةِ (ℓ)؟

12. **أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:**

1. النموذجُ أوِ الافتراضُ الذي يشيرُ إلى وجودِ خصائصَ موجيةٍ للإلكترونِ، هوَ:
   أ . نموذج دالتون الذري.
   ب . نموذجُ رذر فورد.
   جـ . النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ.
   د . نموذجُ بور.

2. الفكرةُ التي قدَّمَها بور عنِ الذرَّةِ، هيَ:
   أ . لكلِّ فَلَكٍ حجمٌ، وشكلٌ، واتجاهٌ خاصٌّ بهِ.
   ب . طاقةُ الإلكترونِ لا تتغيَّرُ ما لمْ يُغادِرْ مستواهُ.
   جـ . للضوءِ طبيعةٌ مزدوجةٌ (ماديةٌ - موجيةٌ).
   د . لكلِّ مستوًى سعةٌ مُحدَّدةٌ منَ الإلكتروناتِ.

3. الخاصيةُ الفيزيائيةُ المُرتبِطةُ بعددِ الكَمِّ الفرعيِّ، هيَ:
   أ . مُعدَّلُ البُعْدِ عنِ النواةِ.
   ب . الشكلُ العامُّ للفَلَكِ.
   جـ . الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ.
   د . اتجاهُ الغزلِ.

4. تتماثلُ أفلاكُ (p) الثلاثةُ ضمنَ المستوى الرئيسِ الواحدِ نفسِهِ في إحدى الخصائصِ الآتيةِ **ما عدا:**
   أ . الاتجاهُ الفراغيُّ. ب . الشكلُ.
   جـ . الطاقةُ. د . السعةُ منَ الإلكتروناتِ.

5. عددُ الأفلاكِ الكليُّ في المستوى الرئيسِ الثالثِ (n= 3)، هوَ:
   أ . (3) أفلاكٍ. ب . (6) أفلاكٍ.
   جـ . (9) أفلاكٍ. د . (18) فَلَكًا.

6. أقصى عددٍ منَ الإلكتروناتِ يستوعبهُ المستوى الرئيسِ الخامسِ (n= 5)، هوَ:
   أ . (5) إلكتروناتٍ. ب . (10) إلكتروناتٍ.
   جـ . (25) إلكترونًا. د . (50) إلكترونًا.

7. يتحدَّدُ الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ بعددِ الكَمِّ:
   أ . الرئيسِ. ب . الفرعيِّ.
   جـ . المغناطيسيِّ. د . المغزليِّ.

8. عددُ الكمّ الذي يحدّدُ الاتجاه الفراغيُّ للفلكِ، هو:
   أ . الرئيس. ب . الفرعي.
   جـ . المغناطيسي. د . المغزلي .

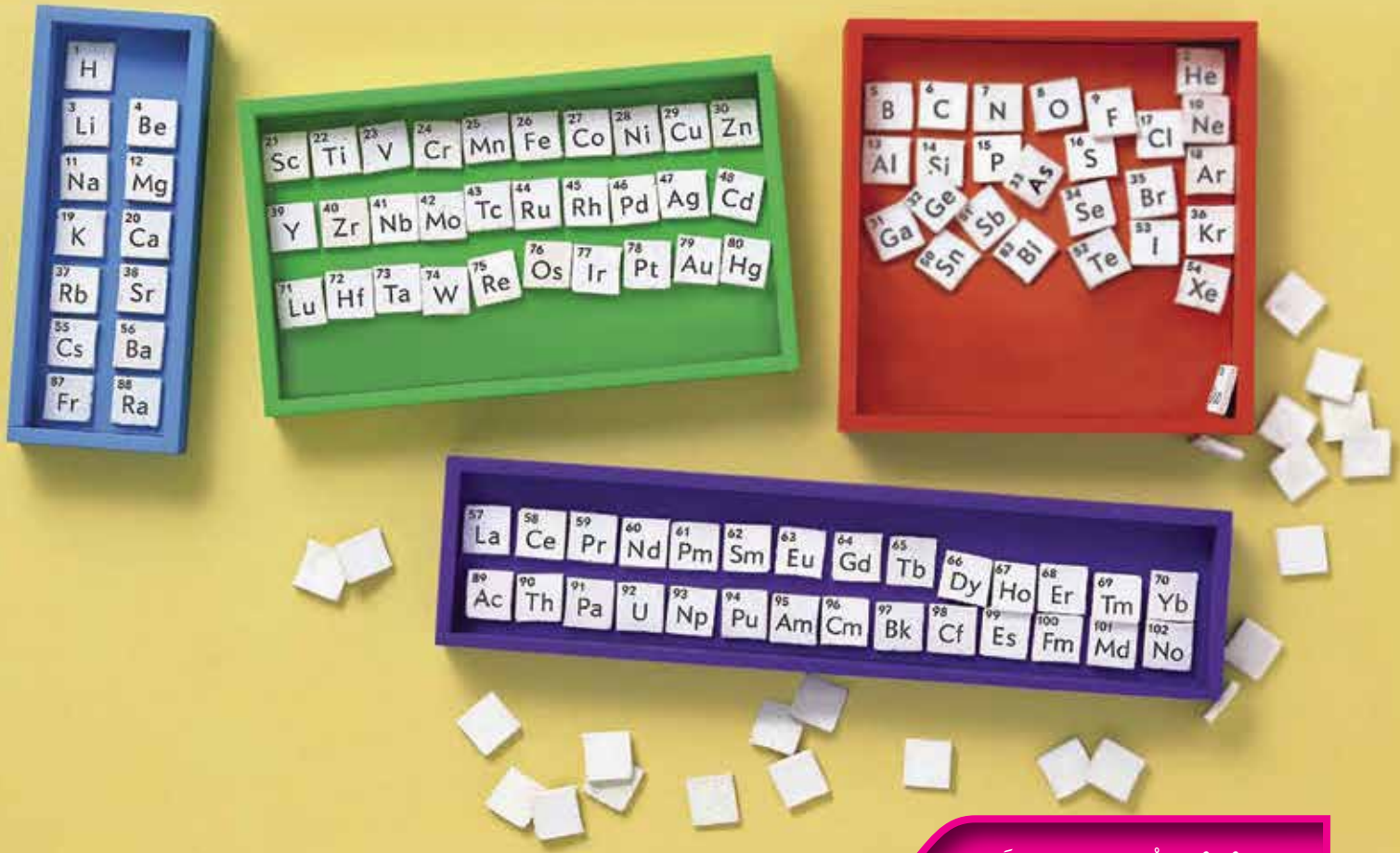
9. أقصى عددٍ منَ الإلكتروناتِ يستوعبُهُ المستوى الفرعيُّ (4f)، هوَ:
   أ . إلكترونانِ. ب . (10) إلكتروناتٍ.
   جـ . (6) إلكتروناتٍ. د . (14) إلكترونًا.

10. عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ لوجودِ إلكترونٍ في المستوى الرئيس الثالثِ، هوَ:
   أ . (3) مستوياتٍ. ب . (9) مستوياتٍ.
   جـ . (12) مستوًى. د . (16) مستوًى.

الوحدةُ 2

التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ

Electron Configuration and Periodicity



أتأمَّلُ الصورةَ

تترتَّبُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ في دوراتٍ ومجموعاتٍ وفقَ صفاتٍ مُحدَّدةٍ. فهلْ هناكَ علاقةٌ بَيْنَ التوزيعِ الإلكترونيِّ وهذا الترتيبِ؟ ما الصفاتُ الدوريةُ للعناصرِ؟ هلْ هناكَ علاقةٌ بَيْنَ موقعِ العنصرِ وصفاتِهِ الدوريةِ؟

الفكرةُ العامةُ:

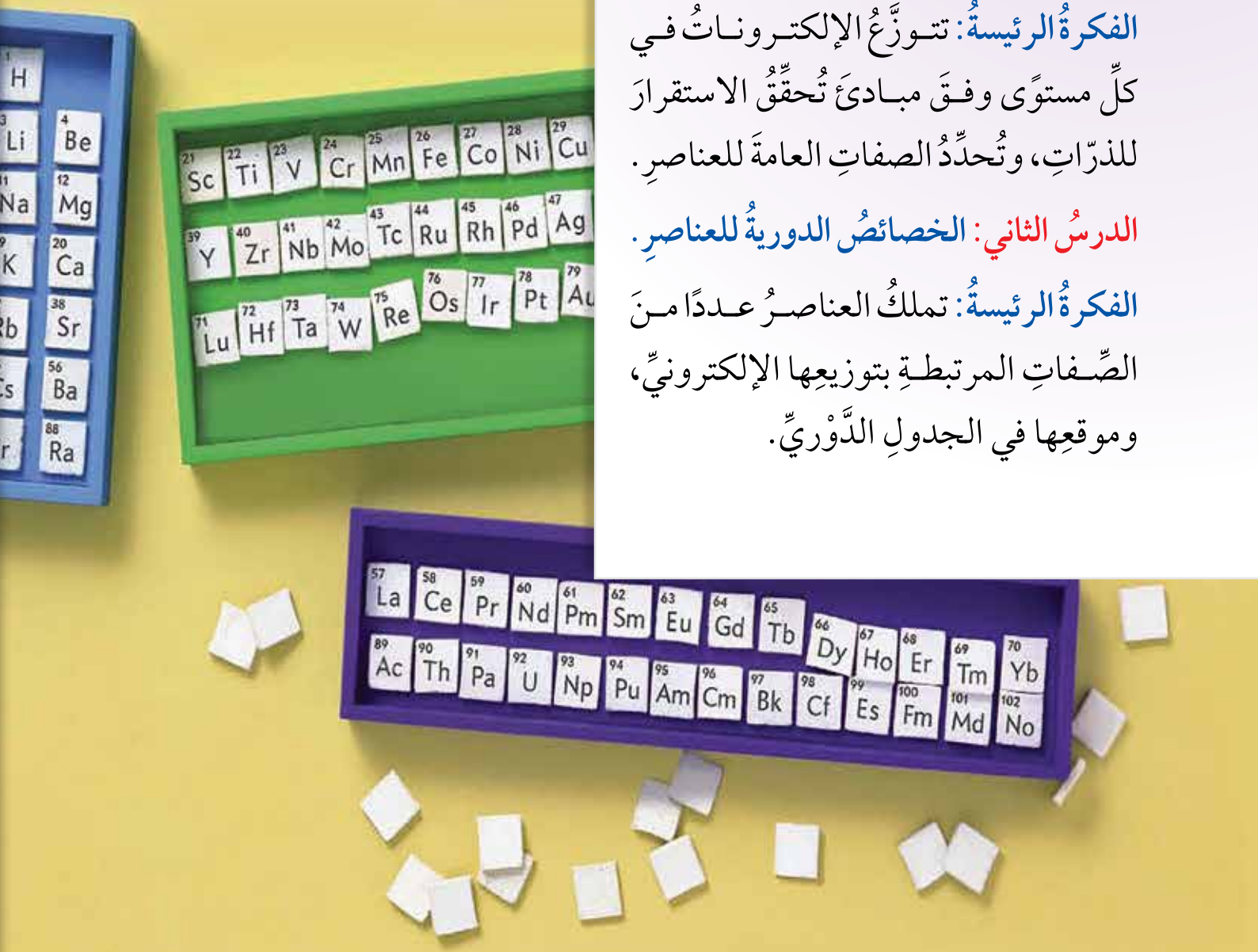
لكلِّ ذرَّةٍ تركيبٌ خاصٌّ بها يُحدِّدُ خصائصَها الفيزيائيةَ والكيميائيةَ.

الدرسُ الأولُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتوزَّعُ الإلكتروناتُ في كلِّ مستوًى وفقَ مبادئَ تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ، وتُحدِّدُ الصفاتِ العامةَ للعناصرِ.

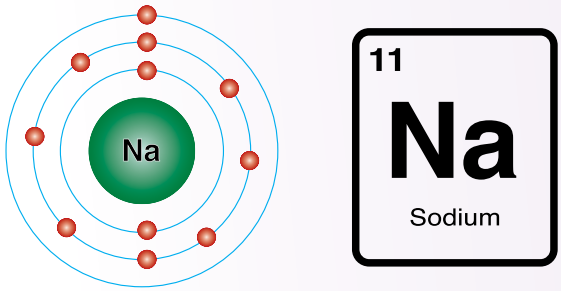
الدرسُ الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تملكُ العناصرُ عددًا منَ الصِّفاتِ المرتبطةِ بتوزيعِها الإلكترونيِّ، وموقعِها في الجدولِ الدَّوْريِّ.



نمذجةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ

الموادُّ والأدواتُ: الجدولُ الدوريُّ الحديثُ، بطاقاتٌ منَ الكرتونِ المقوّى، أقلامٌ، دبابيسُ ذواتُ رؤوسٍ ملونةٍ، لاصقٌ.



خطواتُ العملِ:

1. مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ، أُصمِّمُ وزملائي/ زميلاتي بطاقاتٍ تعريفيةً للعناصرِ بحسبِ العددِ الذرِّيِّ منْ (1) إلى (20) كما في الشكلِ.
2. أغرسُ الدبابيسَ في موقعِ الإلكتروناتِ على بطاقةِ العنصرِ، وأُميِّزُ إلكتروناتِ التكافؤِ بلونٍ مختلفٍ في كلِّ عنصرٍ.
3. أُدَوِّنُ لكلِّ عنصرٍ عددَ المستوياتِ الرئيسةِ، وعددَ إلكتروناتِ التكافؤِ.
4. أُعِدُّ أنا وزملائي/ زميلاتي لوحةً جداريةً أُلصِقُ عليْها البطاقاتِ وفقَ ترتيبٍ مشابهٍ لترتيبِها في الجدولِ الدوريِّ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ ورقمِ دورةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.
2. أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ ورقمِ مجموعةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.
3. كيفَ يُمكِنُ تحديدُ موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ؟

الدرسُ 1

التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ

Electronic Configuration

الفكرةُ الرئيسةُ:

تتوزَّعُ الإلكتروناتُ في كلِّ مستوًى وفقَ مبادئَ تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ، وتُحدِّدُ الصفاتِ العامةَ للعناصرِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لمجموعةٍ منَ العناصرِ وأيوناتها.

أُحدِّدُ الصفاتِ المُميِّزةَ للعناصرِ بحسبِ توزيعِها.

أُوضِّحُ العلاقةَ بينَ موقعِ العنصرِ، وخصائصِهِ، وصفاتِهِ.

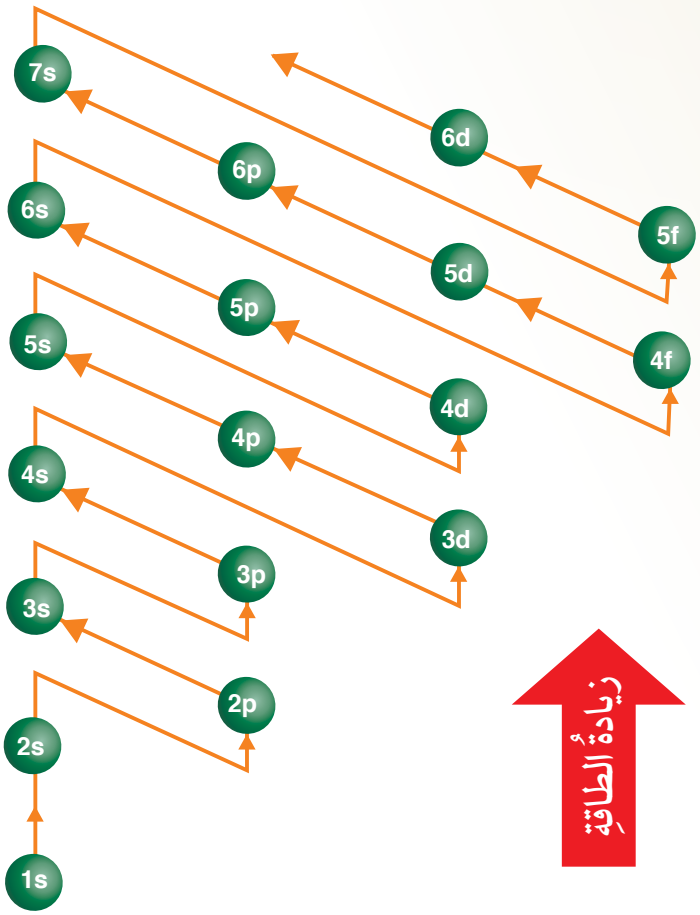
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

مبدأُ أوفباو	Aufbau
قاعدةُ هوند	Hund's Rule
العناصرُ الممثلةُ	The Representative Elements
العناصرُ الانتقاليةُ	Transition Elements
طاقةُ التأيُّنِ	Ionization Energy

مبادئُ وقواعدُ التوزيعِ الإلكترونيِّ للذرّاتِ

Principles of Electronic Configuration

عندَ البدءِ بعمليةِ توزيعِ الإلكتروناتِ على مستوياتِ الطاقةِ يجبُ مراعاةُ عددٍ منَ المبادئِ والقواعدِ التي تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ. فإضافةً إلى العددُ الذرِّيُّ Atomic Number، وهوَ عددُ البروتوناتِ في نواةِ الذرَّةِ، أوْ عددُ الإلكتروناتِ في الذرَّةِ المُتعادِلةِ. يجبُ مراعاة مبدأُ أوفباو، وقاعدةُ هوند.ويُبيِّنُ الشكلُ (1) ترتيبَ المستوياتِ الفرعيةِ تصاعديًّا بحسبِ طاقةِ كلٍّ منْها.



الشكلُ (1): ترتيبُ الأفلاكِ بحسبِ الطاقةِ.

كلمةُ أوفباو aufbau ألمانيةُ الأصلِ، وتعني البناءَ التصاعديَّ.

مبدأُ أوفباو للبناءِ التصاعديِّ Aufbau Principle

ينصُّ **مبدأُ أوفباو** **Aufbau** على "امتلاءِ الأفلاكِ بالإلكتروناتِ تبعًا لتزايدِ طاقاتِها، بحيثُ تُوزَّعُ الإلكتروناتُ أولًا في أدنى مستوًى للطاقةِ، ثمَّ تُملأُ المستوياتِ العليا للطاقة".

يُلاحَظُ منَ الشكلِ (1) أنَّ طاقةَ المستوياتِ الفرعيةِ تزدادُ عندَ زيادةِ عددِ الكَمِّ الرئيسِ (n)، وأنَّ المستوياتِ تبدأُ بالتداخلِ بعدَ المستوى الفرعيِّ 3p. فمثلًا، يُلاحَظُ أنَّ المستوى الفرعيَّ 4s يُملأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 3d.

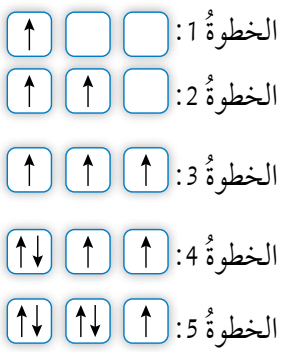
يمكنُ تعبئةُ الإلكتروناتِ في مستوياتِ الطاقةِ الفرعيّةِ وَفقَ الترتيبِ الآتي:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p.....

قاعدةُ هوند Hund's Rule

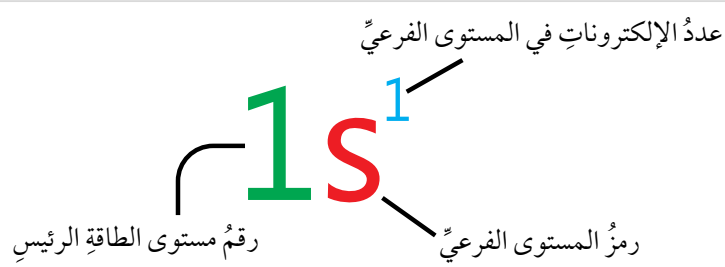
تنصُّ **قاعدةُ هوند** على «توزُّعِ الإلكتروناتِ بصورةٍ منفردةٍ على أفلاكِ المستوى الفرعيِّ الواحدِ باتجاهِ الغزلِ نفسِهِ، ثمَّ إضافةِ ما تبقّى منْ إلكتروناتٍ إلى الأفلاكِ باتجاهٍ مغزليٍّ معاكسٍ».

ففي حالِ ملءِ أفلاكِ المستوى الفرعيِّ p بالإلكتروناتِ، فإنَّها تُوزَّعُ منفردةً على الأفلاكِ (p_x, p_y, p_z) في اتجاهِ الغزلِ نفسِهِ. وعندَ إضافةِ الإلكترونِ الرابعِ والإلكترونِ الخامسِ، فإنَّها تُضافُ في اتجاهِ غزلٍ معاكسٍ، أنظرُ الشكلَ (2) الذي يُبيِّنُ خطواتِ توزيعِ خمسةِ إلكتروناتٍ على أفلاكِ p الفرعيةِ بحسبِ قاعدةِ هوند.



الشكلُ (2): توزيعُ إلكتروناتِ أفلاكِ p بحسبِ قاعدةِ هوند.

منَ الأمثلةِ على التوزيعِ الإلكترونيِّ ذرَّةُ الهيدروجينِ التي عددُها الذرِّيُّ (1)، وتوزيعُها ($1s^1$). أنظرُ الشكلَ (3) الذي يُبيِّنُ دلالةَ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.



الشكلُ (3): دلالةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

الجدولُ (1):	التوزيعُ الإلكترونيُّ لبعضِ ذرّاتِ العناصرِ.		
العنصرُ	الرمزُ	العددُ الذرِّيُّ	التركيبُ الإلكترونيُّ
البريليومُ	Be	4	$1s^2\ 2s^2$
البورونُ	B	5	$1s^2\ 2s^2 2p^1$
الكربونُ	C	6	$1s^2\ 2s^2 2p^2$
النتروجينُ	N	7	$1s^2\ 2s^2 2p^3$
الأكسجينُ	O	8	$1s^2\ 2s^2 2p^4$
الفلورُ	F	9	$1s^2\ 2s^2 2p^5$
الصوديومُ	Na	11	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$
المغنيسيومُ	Mg	12	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$
الألمنيومُ	Al	13	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

أمّا التوزيعُ الإلكترونيُّ لذرَّةِ الهيليومِ (عددُها الذرِّيُّ 2) فهوَ ($1s^2$). ولمّا كانَ المستوى الفرعيُّ s لا يتسعُ لأكثرَ منْ إلكترونيْنِ، فإنَّ وجودَ إلكترونٍ ثالثٍ -كما في ذرَّةِ الليثيومِ التي عددُها الذرِّيُّ 3- سيؤدي إلى دخولِهِ المستوى الذي يلي $1s^2$، وهوَ المستوى 2s، فيصبحُ توزيعُها $1s^2\ 2s^1$، وهكذا الحالُ لبقيةِ الذرّاتِ؛ إذْ تدخلُ الإلكتروناتُ تباعًا في مستوياتِها الفرعيةِ. أنظرُ الجدولَ (1) الذي يُبيِّنُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لبعضِ ذرّاتِ العناصرِ.

أبحَثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ مبدأ أوفباو للترتيبِ التصاعديِّ وقاعدةِ هوندَ، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنْ ذلكَ باستخدامِ برنامجِ السكراتشِ Scratch، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِ.

التوزيعُ الإلكترونيُّ بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ

تمتازُ ذرّاتُ عناصرِ الغازاتِ النبيلةِ بالتوزيعِ الإلكترونيِّ لأفلاكِ مستواها الخارجيِّ ns^2np^6، (ما عدا الهيليوم $1s^2$). ويُبيِّنُ الجدولُ (2) التوزيعَ الإلكترونيَّ لعددٍ منَ الغازاتِ النبيلةِ.

الجدولُ (2):	التوزيعُ الإلكترونيُّ لعددٍ منَ الغازاتِ النبيلةِ.		
العنصرُ النبيلُ	رمزُ العنصرِ	العددُ الذرِّيُّ	التوزيعُ الإلكترونيُّ
الهيليومُ Helium	He	2	$1s^2$
النيونُ Neon	Ne	10	$1s^2 2s^2 2p^6$
الآرغونُ Argon	Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
الكربتونُ Krypton	Kr	36	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

الجدولُ (3):	التوزيعُ الإلكترونيُّ لبعضِ العناصرِ بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ.	
العنصرُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	التوزيعُ بدلالةِ العنصرِ النبيلِ
Fluorine الفلورُ ($_9F$)	$1s^2 2s^2 2p^5$	$[He]\ 2s^2 2p^5$
Magnesium المغنيسيومُ ($_{12}Mg$)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	$[Ne]\ 3s^2$
Phosphorus الفسفورُ ($_{15}P$)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	$[Ne]\ 3s^2 3p^3$
Potassium البوتاسيومُ ($_{19}K$)	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	$[Ar]\ 4s^1$

يُستفادُ منْ هـذا التوزيـعِ في كتابـةِ التوزيـعِ الإلكترونيِّ لـذرّاتِ العنـاصرِ الأُخـرى بـدلالـةِ الغـازاتِ النبيلـةِ، وذلـكَ باستبـدالِ توزيعِ إلكتروناتِ المستوياتِ الداخليـةِ ليحلَّ محلَّـهُ رمـزُ الغازِ النبيـلِ الـذي يُماثِلُها في التوزيـعِ، أنظرُ الجدولَ (3) الذي يُبيِّنُ التوزيـعَ الإلكترونيَّ لعددٍ منْ ذرّاتِ العناصرِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ بدلالةِ الغازِ النبيلِ لكلٍّ منَ الذرَّتيْنِ: N (عددُها الذرِّيُّ 7)، وَ Si (عددُها الذرِّيُّ 14).

الربطُ بالحياةِ

يمتـازُ غـازُ الهيليـومِ He بكثافتِـهِ المنخفضـةِ مقارنـةً ببقيـةِ الغـازاتِ، ويُعَـدُّ غـازًا آمنًـا غيـرَ سـامٍّ، وغيـرَ قابـلٍ للاشـتعالِ أوِ الانفجـارِ؛ نظـرًا إلـى قِلَّـةِ نشـاطِهِ الكيميائـيِّ؛ لـذا تُمـلَأُ بـهِ المناطيـدُ، والبالونـاتُ الطائرةُ، والغوّاصـاتُ البحريـةُ.

تصنيفُ العناصرِ Classifying Elements

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ للعناصرِ، فإنَّهُ يُمكِنُ تصنيفُها في الجدولِ الدوريِّ؛ بُغْيَةَ تسهيلِ دراستِها، ومعرفةِ خصائصِها الكيميائيةِ والفيزيائيةِ.

يتكوَّنُ الجدولُ الدوريُّ منْ (7) دوراتٍ تُمثِّلُ المستوياتِ الرئيسةَ للطاقةِ حولَ النواةِ، ويضمُّ أيضًا (18) مجموعةً، بحيثُ تترتَّبُ العناصرُ المتشابهةُ في خصائصِها الكيميائيةِ في مجموعةٍ واحدةٍ.

تُقَسَّمُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

العناصرُ الممثلةُ Representative Elements

يُمثِّلُ الشكلُ (4) مجموعاتِ العناصرِ الممثلةِ **Representative Elements** في الجدولِ الدوريِّ، التي يُرمَزُ إليْها بالحرفِ A، وتضمُّ (8) مجموعاتٍ تُمثِّلُها الأرقامُ (1، 2، 13 - 18)، وقدْ تُمثِّلُها أيضًا الأرقامُ اللاتينيةُ. فمثلًا، يُعبَّرُ عنِ المجموعةِ (18) بـِ (VIIIA)، وتعني المجموعةَ (8) في العناصرِ الممثلةِ.

الشكلُ (4): العناصرُ الممثلةُ في الجدولِ الدوريِّ.

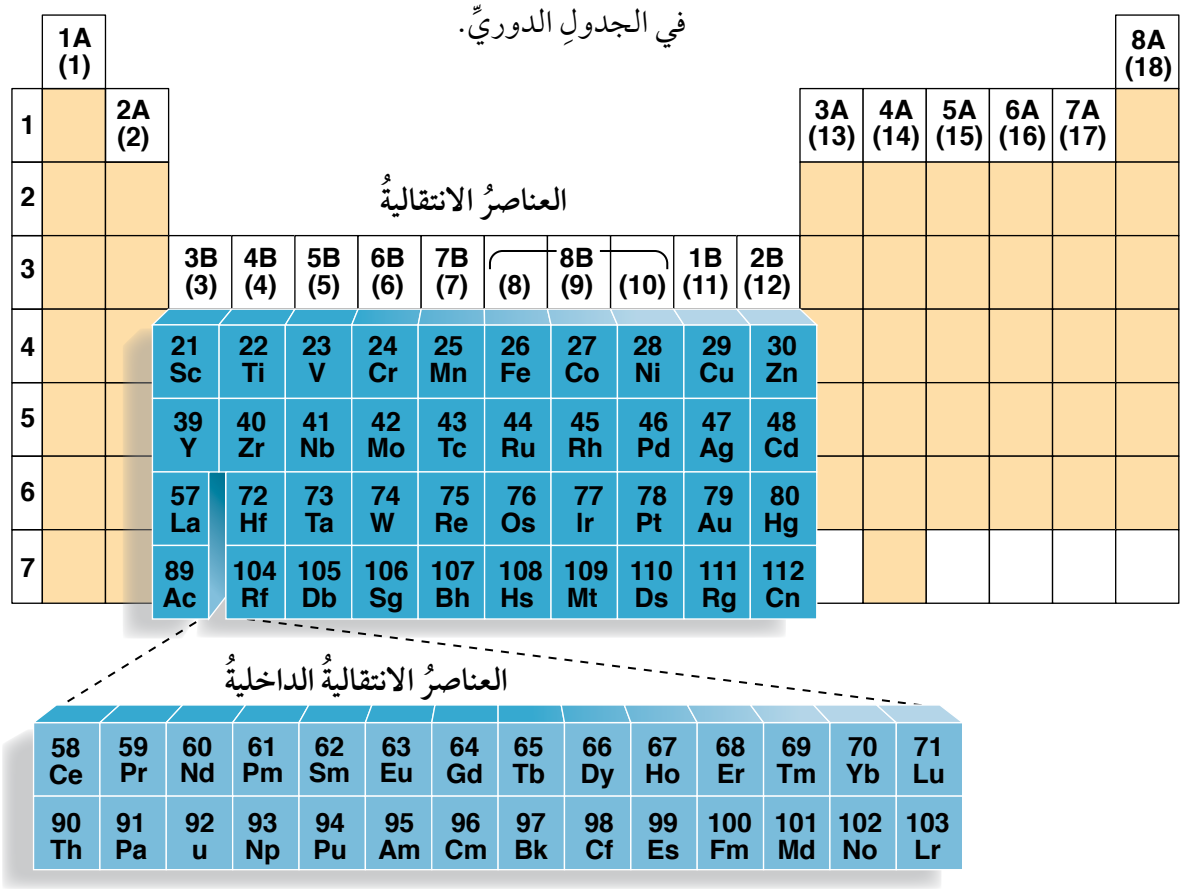
1 IA	2 IIA	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H Hydrogen 1.008							2 He Helium 4.0026
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.0122	5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oxygen 15.999	9 F Fluorine 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Sodium 22.98976928	12 Mg Magnesium 24.305	13 Al Aluminum 26.982	14 Si Silicon 28.085	15 P Phosphorus 30.974	16 S Sulfur 32.06	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsenic 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.798
37 Rb Rubibium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Caesium 132.90545196	56 Ba Barium 137.327	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (286)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)

يُلاحَظُ عندَ كتابةِ التوزيعِ الإلكترونيِّ لهذهِ العناصرِ أنَّ الإلكترونَ الأخيرَ يضافُ إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ (s أوْ p)، حيثُ يشيرُ مجموعُ إلكتروناتِ (s وَ p) في المستوى الخارجيِّ إلى رقمِ مجموعةِ العنصرِ، ويشيرُ أعلى رقمٍ للمستوى الخارجيِّ (n) إلى رقمِ دورةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ. فمثلًا، إذا كانَ التوزيعُ الإلكترونيُّ لعنصرٍ هوَ ($1s^2\ 2s^2\ 2p^3$)، فإنَّ مجموعَ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ (2s 2p) هوَ (5)، فيكونُ رقمُ مجموعةِ العنصرِ هوَ (5A) في العناصرِ الممثلةِ، في حينِ يكونُ رقمُ دورةِ العنصرِ أعلى رقمٍ (n) في التوزيعِ، وهوَ (2). وعندَ البحثِ عنْ هذا العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ يَتبيَّنُ أنَّهُ النتروجينُ N.

العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements

عناصرُ تقعُ في وسطِ الجدولِ الدوريِّ، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في توزيعِها الإلكترونيِّ إلى المستوى الفرعيِّ d أوْ f. **وتقسمُ العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements** الى قسمَينِ، انظر الشكل (5).

الشكلُ (5): العناصرُ الانتقاليةُ في الجدولِ الدوريِّ.



يتكوَّنُ القسمُ الأوّلُ من هـذهِ العناصرُ منْ (10) مجموعاتٍ في الجدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (5)، ويـضافُ الإلكترونُ الأخيـرُ في التـوزيـعِ الإلكتـرونيِّ لـذرّاتِ عناصرِها إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ d.

أمّا القسمُ الثّاني منْ هذهِ العناصرِ فيتكوَّنُ منْ (14) مجموعـةً في الجـدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (5)، ويطلقُ عليها **العناصرُ الانتقاليةُ الداخليةُ Inner Transition Elements**، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرّاتِ عناصرِها إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ f.

يُبيِّنُ الجدولُ (4) التوزيعَ الإلكترونيَّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ B، وأرقامَ مجموعاتِها.

✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعنصرِ الذي:
عددهُ الذرِّيُّ 16

الجدولُ (4): التوزيعُ الإلكترونيُّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ.	
العنصرُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ
Scandium السكانديومُ ($_{21}Sc$)	$[Ar]4s^2 3d^1$
Titanium التيتانيومُ ($_{22}Ti$)	$[Ar]4s^2 3d^2$
Vanadium الفاناديومُ ($_{23}V$)	$[Ar]4s^2 3d^3$
Chromium الكرومُ ($_{24}Cr$)	$[Ar]4s^1 3d^5$
Manganese المنغنيزُ ($_{25}Mn$)	$[Ar]4s^2 3d^5$
Iron الحديدُ ($_{26}Fe$)	$[Ar]4s^2 3d^6$
Cobalt الكوبالتُ ($_{27}Co$)	$[Ar]4s^2 3d^7$
Nickel النيكلُ ($_{28}Ni$)	$[Ar]4s^2 3d^8$
Copper النحاسُ ($_{29}Cu$)	$[Ar]4s^1 3d^{10}$
Zinc الخارصينُ ($_{30}Zn$)	$[Ar]4s^2 3d^{10}$

التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيوناتِ العناصرِ

تميلُ ذرّاتُ العناصرِ إلى كسبِ الإلكتروناتِ أو فقْدِها للوصولِ إلى توزيعٍ إلكتروني يُشْبِهُ توزيعَ العناصرِ النبيلةِ، وتؤدي هذهِ العمليةُ إلى تغيُّرٍ في عددِ الإلكتروناتِ، ثمَّ اختلافٍ في توزيعِها الإلكترونيِّ.

تنشأُ الأيوناتُ الموجبةُ نتيجةَ فقْدِ الإلكتروناتِ منَ المستوى الخارجيِّ للذرَّةِ. فمثلًا، التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِ الصوديومِ هوَ $_{11}Na^{+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ مقارنةً بالتوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الصوديومِ $_{11}Na$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$، في حينِ تضافُ الإلكتروناتُ المُكتسَبةُ في الأيوناتِ السالبةِ إلى المستوى الخارجيِّ للذرَّةِ. ومنَ الأمثلةِ على ذلكَ التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِ الكلوريدِ $_{17}Cl^{-}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ مقارنةً بالتوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الكلورِ $_{17}Cl$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$.

أبحَثُ في مصادر المعرفة المناسبة عن تصنيف العناصر في الجدول الدوريّ، وتحديد مواقع بعضها فيه بالاعتماد على توزيعها الإلكترونيّ، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّف.

أتحقَّقُ: أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الأيوناتِ الآتيةِ: $_{16}S^{2-}$ ، $_{20}Ca^{2+}$.

المثالُ 1

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لأيونِ المغنيسيومِ $_{12}Mg^{2+}$.

الحلُّ:

التوزيعُ الإلكترونيُّ للمغنيسيومِ هوَ $_{12}Mg$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$، أمّا أيونُ المغنيسيومِ $_{12}Mg^{2+}$ فيملكُ 10 إلكتروناتٍ؛ لأنَّهُ فقدَ إلكترونيْنِ للوصولِ إلى التوزيعِ الذي يُشْبِهُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعنصرِ النبيلِ، فيكونُ توزيعُهُ الإلكترونيُّ $_{12}Mg^{2+}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$، ويُمكِنُ كتابةُ هذا التوزيعِ بدلالةِ العنصرِ النبيلِ $_{12}Mg^{2+}$: [Ne].

المثالُ 2

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لأيونِ النتروجينِ $_{7}N^{3-}$.

الحلُّ:

التوزيعُ الإلكترونيُّ للنتروجينِ هوَ $_{7}N$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$، أمّا أيونُ النتروجينِ $_{7}N^{3-}$ فينتجُ منْ كسبِ 3 إلكتروناتٍ، فيصبحُ عددُ الإلكتروناتِ 10 إلكتروناتٍ، ويكونُ توزيعُهُ الإلكترونيُّ: $_{7}N^{3-}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$، أوْ $_{7}N^{3-}$: [Ne].

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوَضِّحُ المقصودَ بكلٍّ من: مبدأ أفباو، قاعدةِ هوند.

2. أدرسُ العناصرَ في الجدولِ الآتي، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

العنصرُ	O	Al	Cl	As
العددُ الذرِّيُّ	8	13	17	33

أ - أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكل من هذه العناصر.

ب - أستنتجُ رقمَ الدورةِ ورقمَ المجموعةِ لكلٍّ منْ هذهِ العناصرِ.

جـ - أستنتجُ العددَ الذرِّيَّ لعنصرٍ يقعُ في المجموعةِ الثالثةِ ودورةِ العنصرِ O.

د - أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الأيونيْنِ: Al^{3+}، وَ As^{3-}.

3. أستنتجُ العددَ الذرِّيَّ لعنصرٍ ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثنائيِّ السالبِ بالمستوى الفرعيِّ $3p^6$.

4. **السببُ والنتيجةُ:** لماذا يُعدُّ التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيون $_{12}Mg^{2+}$ مُشابِهًا لتوزيعِ الغازِ النبيل $_{10}Ne$

5. أطرحُ سؤالًا إجابتهُ: $[Ar]\ 4s^1$

الدرسُ 2

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic Properties of the Elements

الفكرةُ الرئيسةُ:
تملكُ العناصرُ عددًا منَ الصفاتِ المرتبطةِ بتوزيعِها الإلكترونيِّ، وموقعِها في الجدولِ الدوريِّ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:
أتنبَّأُ بدوريةِ الصفاتِ لعناصرِ الدورةِ والمجموعةِ في الجدولِ الدوريِّ.

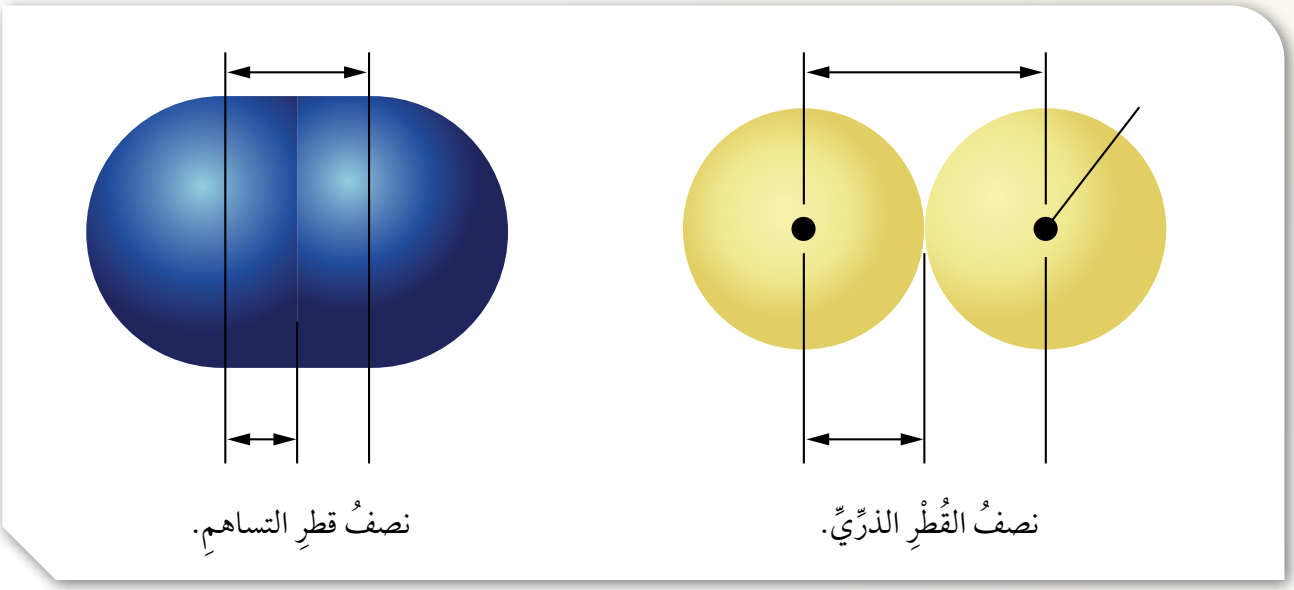
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius
شحنةُ النواةِ الفعّالةُ Effective Nuclear Charge
طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy
السالبيةُ الكهربائيةُ Electron Negativity

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic Properties of the Elements

تمتازُ العناصرُ بعددٍ منَ الخصائصِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ التي تُحدَّدُ بناءً على موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ. فما هذهِ الخصائصُ؟ وكيفَ تتغيَّرُ خلالَ المجموعاتِ والدوراتِ في الجدولِ الدوريِّ؟

نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius

يُعَدُّ الحجمُ الذرِّيُّ إحدى الخصائصِ المُهِمَّةِ التي تُحدِّدُ السلوكَ العامَّ للذرّاتِ. يُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ الفلزّاتِ بمصطلحِ **نصفِ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius**، وهوَ "نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ مُتجاوِرتيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ لعنصرِ الفلزِّ". ويُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ اللافلزّاتِ بمصطلحِ نصفِ قُطْرِ التساهُمِ. وهوَ "نصفُ المسافةِ بينَ نواتَيْ ذرَّتَيْ عنصرٍ في الحالةِ الغازيةِ بينَهُما رابطةٌ تساهميةٌ". أنظرُ الشكلَ (6). يقاسُ نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ بوحدةِ البيكومترِ Picometer (pm).



الشكلُ (6): نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.

يتغيَّرُ نصفُ القُطْرِ والحجمُ الذرِّيُّ تدريجيًّا في الجدولِ الدوريِّ؛ سواءٌ أكانَ ذلكَ في الدورةِ الواحدةِ، أمْ في المجموعةِ الواحدةِ، تبعًا لعامليْنِ اثنيْنِ، هما:

عددُ الكَمِّ الرئيسُ Principal Quantum Number (n):

يـزدادُ نـصفُ قُطْرِ الـذرَّةِ والحجمُ الذرِّيُّ عندَ زيـادةِ العـددِ الذرِّيِّ بالاتجـاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ في المجموعةِ الواحدةِ؛ نتيجةً لزيادةِ عددِ الكَمِّ الرئيسِ للمستوى الخارجيِّ (n)، معَ بقاءِ تأثيرِ جذبِ النواةِ لإلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ ثابتًا؛ ما يزيدُ منْ بُعْدِ الإلكتروناتِ الخارجيةِ عنِ النواةِ فيزدادُ الحجمُ الذرّيُّ.

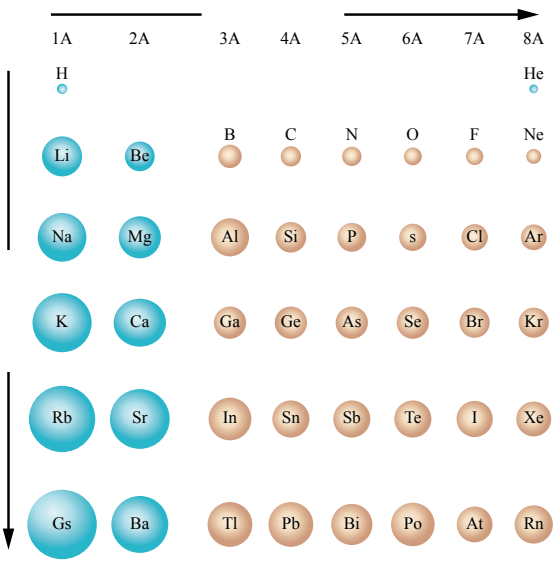
شحنةُ النواةِ الفعّالةُ Effective Nuclear Charge:

تعملُ البروتوناتُ الموجبةُ في النواةِ على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ (إلكتروناتُ التكافؤِ) نحوَها، ويتأثَّرُ مقدارُ الجذبِ الفعليِّ للنواةِ الموجبةِ بفعلِ إلكتروناتِ المستوياتِ الداخليةِ (الإلكتروناتُ الحاجبةُ)؛ إذْ إنَّها تُقلِّلُ منْ قدرةِ النواةِ على جذبِ الإلكتروناتِ، وتُعرفُ القدرةُ الفعليةُ للنواةِ الموجبةِ على جذبِ إلكتروناتِ التكافؤِ **بشحنةِ النواةِ الفعّالةِ Effective Nuclear Charge** . تزدادُ شحنةُ النواةِ الفعّالةُ بزيادةِ العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الدورةِ الواحدةِ؛ ما يزيدُ منْ تأثيرِ جذبِ النواةِ لإلكتروناتِ التكافؤِ، فيزدادُ اقترابُها منَ النواةِ، ويقلُّ نصفُ القُطْرِ، ثمَّ يقلُّ الحجمُ الذرِّيُّ، أنظرُ الشكلَ (7).

أتحقَّقُ:

أيُّ الذرَّتيْنِ أكبرُ حجمًا: Be أمْ Ba؟

أيُّ الذرَّتيْنِ أصغرُ حجمًا: S أمْ Al؟



الشكلُ (7): نصفُ القُطْرِ والحجمُ الذرِّيُّ للذرّاتِ في الجدولِ الدوريِّ.

أُحدِّدُ رمزَ العنصرِ الأكبرِ حجمًا.

المثالُ 3

أُوضِّحُ أثرَ شحنةِ النواةِ الفعّالةِ في حجومِ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ: $_{11}Na$, $_{12}Mg$, $_{13}Al$.

الحلُّ:

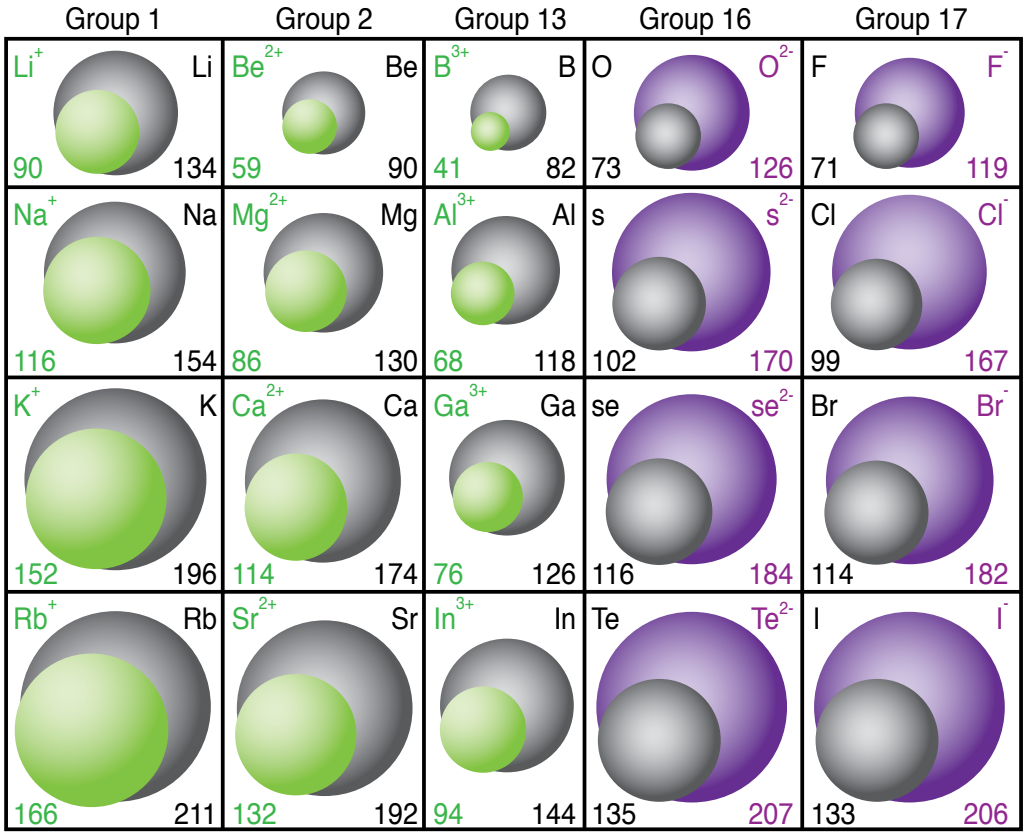
بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لهذهِ العناصرِ: $Na: [Ne]\ 3s^1$, $Mg: [Ne]\ 3s^2$, $Al: [Ne]\ 3s^2 3p^1$، يَتبيَّنُ أنَّها جميعًا منْ عناصرِ الدورةِ الثالثةِ، وأنَّها تتساوى في عددِ المستوياتِ الرئيسةِ، وفي عددِ الإلكتروناتِ الداخليةِ (الإلكتروناتُ الحاجبةُ)، وتختلفُ في عددِ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ. فبروتوناتُ الصوديومِ Na هيَ أقلُّها عددًا؛ ما يعني أنَّ الصوديومَ أقلُّها قدرةً على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، أيْ أقلُّها شِحنةُ نواةٍ فعالة وأكبرُها منْ حيثُ الحجمُ الذرِّيُّ، تليها بروتوناتُ المغنيسيومِ Mg. أمّا الألمنيومُ فيملكُ العددَ الأكبرَ منَ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ؛ ما يعني زيادةً في شِحنةِ نواتِها الفعالة؛ أيْ زيادةً في جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيقلُّ حجمُها الذرِّيُّ.

أُفكِّرُ: أيُّهُما أكبرُ حجمًا: أيونُ الفلوريد F^-_9 أمْ أيونُ الصوديومِ $_{11}Na^+$؟ أبرر إجابتي.

نصفُ القُطْرِ الأيونيِّ Ionic Radius

تختلف حجومَ الأيوناتِ عنْ ذرّاتِها تبعًا لإضافةِ الإلكتروناتِ وفقْدِها؛ إذْ تقلُّ حجومُ الأيوناتِ الموجبةِ مقارنةً بذرّاتِها نتيجةَ فقْدِ الإلكتروناتِ؛ ما يؤدي إلى تقليلِ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ، وزيادةِ جذبِ النواةِ للإلكتروناتِ في المستوى الخارجيِّ.

أمّا الأيوناتُ السالبةُ فتزدادُ حجومُها مقارنةً بحجومِ ذرّاتِها؛ إذْ تؤدي عمليةُ كسبِ الإلكتروناتِ إلى زيادةِ عددِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيزيدُ التنافرُ بينَ الإلكتروناتِ، مُسبِّبًا زيادةً في حجمِ الأيونِ السالبِ.



الشكلُ (10): حجومُ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ وذرّاتُها بوحدةِ (pm).

يُبيِّنُ الشكلُ (10) العلاقةَ بينَ حجومِ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ مقارنةً بذرّاتِها.

المثالُ 9

أُقارِنُ بينَ حجمِ ذرَّةِ عنصرِ البوتاسيومِ $_{19}K$ وحجمِ أيونِها الموجبِ $_{19}K^+$.

الحلُّ:

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ البوتاسيومِ: $_{19}K: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$، وتوزيعِ أيونِ البوتاسيومِ: $K^+: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$، فإنَّ توزيعَ إلكتروناتِ هذهِ الذرَّةِ ينتهي بالمستوى الرئيسِ الرابعِ، وفي حالِ فقْدِها إلكترونًا فإنَّها تتحوَّلُ إلى أيونٍ، ويصبحُ عددُ المستوياتِ الرئيسةِ الممتلئةِ بالإلكتروناتِ 3 مستوياتٍ، وبذلكَ يصبحُ حجمُ أيونِ البوتاسيومِ أصغرَ منْ حجمِ الذرَّةِ نفسِها.

المثالُ 10

أُقارِنُ بينَ حجمِ ذرَّةِ عنصرِ الكلورِ $_{17}Cl$ وحجمِ أيونِها السالبِ $_{17}Cl^-$.

الحلُّ:

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الكلورِ: $Cl: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$، وتوزيعِ أيونِ الكلوريد: $Cl^-: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$، فإنَّ كلًّا منْ هذهِ الذرَّةِ وأيونِها السالبِ يملكُ العددَ نفسَهُ منَ المستوياتِ الرئيسةِ n، وإنَّ عددَ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ للأيونِ يزدادُ نتيجةَ كسبِ الإلكتروناتِ؛ ما يؤدي إلى زيادةِ التنافرِ بينَها، فيزدادُ حجمُ الأيونِ.

أتحقَّقُ:

1 – أيُّهُما أكبرُ حجمًا: ذرَّةُ الأكسجينِ O أمْ أيونُ الأكسيد O^{2-}؟

2 – أيُّهُما أكبرُ حجمًا: ذرَّةُ الألمنيوم Al أمْ أيونُ الألمنيوم Al^{3+}؟

طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy

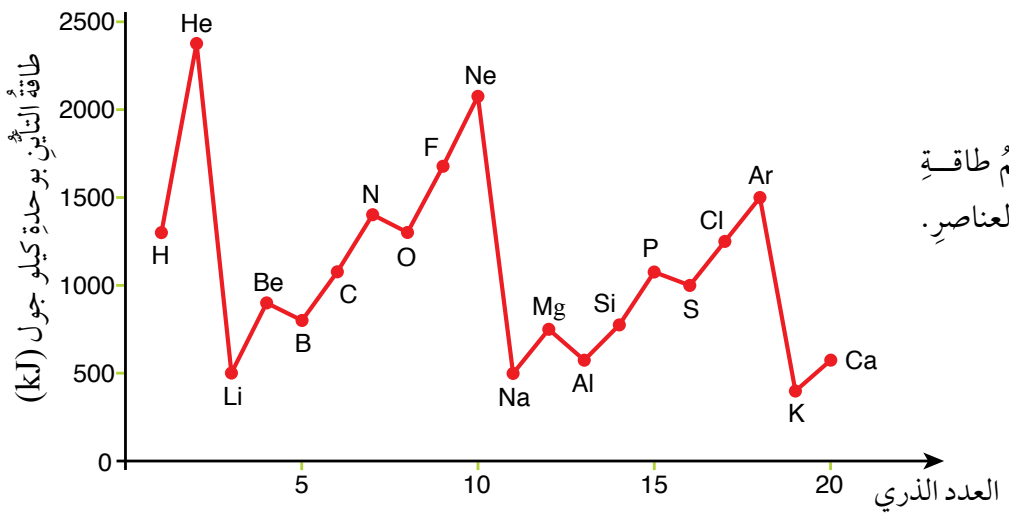
إنَّ عمليةَ تحوُّلِ الذرَّةِ المُتعادِلةِ إلى أيونٍ موجبٍ عنْ طريقِ فقْدِها إلكترونًا واحدًا أوْ أكثرَ منْ إلكتروناتِ التكافؤِ تتطلَّبُ تزويدَ الذرَّةِ بطاقةٍ كافيةٍ لنقلِ الإلكترونِ إلى المستوى اللانهائي، حيثُ يفقدُ ارتباطَهُ بها، ولا يكونُ لها أيُّ تأثيرٍ فيهِ.

تُعبِّرُ هذهِ الطاقةُ عنْ قوَّةِ ارتباطِ الإلكترونِ بالنواةِ، وصعوبةِ نزعِهِ منَ الذرَّةِ، وتُعَدُّ مُؤشِّرًا لنشاطِ العنصرِ في التفاعلاتِ الكيميائيةِ، وتُعرَفُ **بطاقةِ التأيُّنِ Ionization Energy**، وهيَ "الحدُّ الأدنى منَ الطاقةِ اللازمةِ لنزعِ الإلكترونِ الأبعدِ عنِ النواةِ في الحالةِ الغازيةِ للذرَّةِ أوِ الأيونِ".

يُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$M_{(g)} + \text{طاقة} \rightarrow M^+_{(g)} + e^-$$

يعتمدُ تحديدُ مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ على قُوَّةِ التجاذبِ بينَ بروتوناتِ النواةِ والإلكتروناتِ؛ فكلَّما ازدادَ نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ أصبحَتِ الإلكتروناتُ أبعدَ عنِ النواةِ، وأقلَّ ارتباطًا بها، فيقلُّ مقدارُ طاقةِ التأيُّنِ.



الشكلُ (8): قيمُ طاقةِ التأيُّنِ لعددٍ منَ العناصرِ.

وبزيادةِ شحنةِ النواةِ الفعّالةِ (معَ بقاءِ عددِ مستوياتِ الطاقةِ ثابتًا) يزدادُ جذبُ النواةِ لإلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ منْ مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ. أنظرُ الشكلَ (8) الذي يُبيِّنُ قيمَ طاقةِ التأيُّنِ لعددٍ منَ العناصرِ.

يُلاحَظُ منَ الشكلِ زيادةُ قيمِ طاقةِ التأيُّنِ للعناصرِ النبيلةِ مقارنةً بذرّاتِ العناصرِ الأُخرى، وزيادةُ قيمِ طاقةِ التأيُّنِ في الدورةِ الواحدةِ عامَّةً عندَ زيادةِ العددِ الذرِّيِّ للعنصرِ، وانخفاضُ قيمِ طاقةِ التأيُّنِ في المجموعةِ الواحدةِ عندَ الاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ؛ نظرًا إلى زيادةِ عددِ مستوياتِ الطاقةِ الرئيسةِ.

أتحقَّقُ: أُرتِّبُ العناصرَ الآتيةَ تبعًا لزيادةِ طاقةِ التأيُّنِ:
Li, C, Na, He, Ne.

أبحث

قضيةٌ للبحثِ

أبحَثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ سببِ ارتفاعِ طاقةِ تأيُّنِ Mg مقارنةً بطاقةِ تأيُّنِ Al، وأكتبُ تقريرًا حولَ ذلكَ وأعرضهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي.

الربط بالرياضيات

توجدُ صلةٌ وثيقةٌ بينَ الصفاتِ الدوريةِ للعناصرِ الكيميائيةِ والأنماطِ في مبحثِ الرياضياتِ؛ إذْ تتكرَّرُ الصفاتُ وفقَ تسلسلٍ مُحدَّدٍ في المجموعةِ الواحدةِ والدورةِ الواحدةِ، ويُمكِنُ التنبُّؤُ بصفةِ العنصرِ قياسًا على نمطِ التغيُّرِ في الدورةِ والمجموعةِ.

السالبيةُ الكهربائيةُ Electronegativity

تميلُ بعضُ الذرّاتِ إلى التشاركِ معَ ذرّاتٍ أُخرى عنْ طريقِ مساهمةِ كلٍّ منْها في عددٍ منَ الإلكتروناتِ، وتتنافسُ الذرّاتُ لجذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ إليْها.

تُعرَّفُ السالبيةُ الكهربائيةُ (الكهروسلبيةُ) **Electronegativity** بأنَّها "قدرةُ الذرَّةِ على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ إليْها"، وذلكَ اعتمادًا على نصفِ قُطْرِ الذرَّتيْنِ المُكوِّنتيْنِ للرابطةِ؛ فكلَّما زادَ نصفُ قُطْرِ الذرَّةِ قَلَّ انجذابُ الإلكتروناتِ المشتركةِ إليْها، علمًا أنَّ أصغرَ الذرّاتِ حجمًا هيَ أكثرُها قدرةً على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ؛ ما يعني أنَّ السالبيةَ الكهربائيةَ تزدادُ في الدورةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ، وتزدادُ في المجموعةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ الأسفلِ إلى الأعلى.

تُعَدُّ ذرَّةُ الفلورِ أكثرَ الذرّاتِ سالبيةً كهربائيةً، تليها ذرَّةُ الأكسجينِ، ثمَّ ذرَّةُ النتروجينِ. ويُبيِّنُ الشكلُ (9) قيمَ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.

أتحقَّقُ: أُرتِّبُ العناصرَ الآتيةَ تصاعديًّا بحسبِ السالبيةِ الكهربائيةِ: $_{7}N$, $_{11}Na$, $_{8}O$, $_{16}S$.

أبحَثُ في مصادرَ المعرفةِ المناسبةِ عنِ الخصائصِ الدوريّةِ لعناصرِ الجدولِ الدوريّ، والعواملِ المؤثرةِ فيها، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنْ ذلكَ باستخدامِ برنامجِ movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِّ.

تزايُدٌ

السالبيةُ الكهربائيةُ

تزايُدٌ

H 2.1																
Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.1	O 3.5	F 4.1
Na 1.0	Mg 1.3											Al 1.5	Si 1.6	P 2.1	S 2.5	Cl 2.9
K 0.9	Ca 1.1	Sc 1.2	Ti 1.3	v 1.5	Cr 1.6	Mn 1.6	Fe 1.7	Co 1.7	Ni 1.8	Cu 1.8	Zn 1.7	Ga 1.8	Ge 2.0	As 2.2	Se 2.4	Br 2.8
Rb 0.9	Sr 1.0	Y 1.1	Zr 1.2	Nb 1.3	Mo 1.3	Tc 1.4	Ru 1.4	Rh 1.5	Pd 1.4	Ag 1.4	Cd 1.5	In 1.5	Sn 1.7	Sb 1.8	Te 2.0	I 2.2
Cs 0.9	Ba 0.9	La 1.1	Hf 1.2	Ta 1.4	W 1.4	Re 1.5	Os 1.5	Ir 1.6	Pt 1.5	Au 1.4	Hg 1.5	Tl 1.5	Pb 1.6	Bi 1.7	Po 1.8	At 2.0

الشكلُ (9): قيمُ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.

أستنتجُ العلاقةَ بينَ قيمِ السالبيةِ الكهربائيةِ والحجمِ الذرِّيِّ للعنصرِ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكـرةُ الرئيسـةُ:** أُوضِّـحُ كيـفَ تتغيّرُ خصائـصُ العناصرِ خـلالَ الـدّورةِ الواحدةِ فـي الجدولِ الدوريِّ؟

2. أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ المفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
   - نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ
   - طاقةُ التأيُّنِ.
   - السالبيةُ الكهربائيةُ.

3. مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ وترتيبِ العناصرِ فيهِ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:
   أ - أُفسِّرُ: لماذا يكونُ الحجمُ الذرِّيُّ للأكسجينِ أصغرَ منْهُ لذرَّةِ الكربونِ؟
   ب - أُفسِّرُ: لماذا تكونُ طاقةُ التأيُّنِ الأولى للصوديومِ أكبرَ منْها للبوتاسيومِ؟
   جـ- أستنتجُ: أيُّ الأيوناتِ الآتيةِ أكبرُ حجمًا: N^{3-}، أمْ O^{2-}، أمْ F^{1-}؟
   د - أستنتجُ: أيُّ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أصغرُ: B، أمْ C، أمْ N؟
   هـ - أستنتجُ: أيُّ الآتيةِ أكثرُ سالبيةً كهربائيةً: S ، أمْ Si، أمْ Cl؟

4. أكتبُ معادلةً كيميائيةً تُمثِّلُ:
   اكتسابَ ذرَّةِ عنصرٍ طاقةً لفقْدِ إلكترونٍ واحدٍ.

5. أَصوغُ فرضيّةً حولَ علاقةُ قيمِ طاقةِ التأيُّنِ بعددِ إلكتروناتِ التكافؤِ للذرّاتِ.

الجدولُ الدوريُّ للعناصرِ

الدورة →
المجموعة ↓

العددُ الذريُّ → 26
رمزُ العنصرِ → Fe
اسمُ العنصرِ → Iron

الدورة \ المجموعة	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 H Hydrogen 1.00794 (+1 -1)																	2 He Helium 4.002602
2	3 Li Lithium 6.941 (+1 -1)	4 Be Beryllium 9.012182 (+2)											5 B Boron 10.811 (+3)	6 C Carbon 12.0107 (+4 -4)	7 N Nitrogen 14.0067 (+5 +3 -3)	8 O Oxygen 15.9994 (-2)	9 F Fluorine 18.998403 (-1)	10 Ne Neon 20.1797
3	11 Na Sodium 22.98976 (+1 -1)	12 Mg Magnesium 24.3050 (+2 +1)											13 Al Aluminium 26.98153 (+3)	14 Si Silicon 28.0855 (+4 -4)	15 P Phosphorus 30.97696 (+5 +3 -3)	16 S Sulfer 32.065 (+6 +4 +2 -2)	17 Cl Chlorine 35.453 (+7 +5 +3 +1 -1)	18 Ar Argon 39.948
4	19 K Potassium 39.0983 (+1)	20 Ca Calcium 40.078 (+2)	21 Sc Scandium 44.95591 (+3)	22 Ti Titanium 47.867 (+4)	23 V Vanadium 50.9415 (+5)	24 Cr Chromium 51.9962 (+6 +3)	25 Mn Manganese 54.93804 (+7 +4 +2)	26 Fe Iron 55.845 (+3 +2)	27 Co Cobalt 58.93319 (+3 +2)	28 Ni Nickel 58.6934 (+2)	29 Cu Copper 63.546 (+2)	30 Zn Zinc 65.38 (+2)	31 Ga Gallium 69.723 (+3)	32 Ge Germanium 72.64 (+4 +2 -4)	33 As Arsenic 74.92160 (+5 +3 -3)	34 Se Selenium 78.96 (+6 +4 +2 -2)	35 Br Bromine 79.904 (+7 +5 +3 +1 -1)	36 Kr Krypton 83.798 (+2)
5	37 Rb Rubidium 85.4678 (+1)	38 Sr Strontium 87.62 (+2)	39 Y Yttrium 88.90585 (+3)	40 Zr Zirconium 91.224 (+4)	41 Nb Niobium 92.90638 (+5)	42 Mo Molybdenum 95.96 (+6 +4)	43 Tc Technetium 98.907 (+7 +4)	44 Ru Ruthenium 101.07 (+4 +3)	45 Rh Rhodium 102.9055 (+3)	46 Pd Palladium 106.42 (+4 +2)	47 Ag Silver 107.8682 (+1)	48 Cd Cadmium 112.441 (+2)	49 In Indium 114.818 (+3)	50 Sn Tin 118.710 (+4 +2 -4)	51 Sb Antimony 121.760 (+5 +3 -3)	52 Te Tellurium 127.60 (+6 +4 +2 -2)	53 I Iodine 126.9044 (+7 +5 +3 +1 -1)	54 Xe Xenon 131.293 (+6 +4 +2)
6	55 Cs Caesium 132.9054 (+1)	56 Ba Barium 137.327 (+2)	57 *La Lanthanum 138.9054 (+3)	72 Hf Hafnium 178.49 (+4)	73 Ta Tantalum 180.9478 (+5)	74 W Tungsten 183.84 (+6 +4)	75 Re Rhenium 186.207 (+4)	76 Os Osmium 190.23 (+4)	77 Ir Iridium 192.217 (+4 +3)	78 Pt Platinum 195.084 (+4 +2)	79 Au Gold 196.9665 (+3)	80 Hg Mercury 200.59 (+2 +1)	81 Tl Thallium 204.3833 (+3 +1)	82 Pb Lead 207.2 (+4 +2)	83 Bi Bismuth 208.9804 (+3)	84 Po Polonium 208.982 (+4 +2 -2)	85 At Astatine 209.987 (+1)	86 Rn Radon 222.018
7	87 Fr Francium (223) (+1)	88 Ra Radium (226) (+2)	89 *Ac Actinium (227) (+3)	104 Rf Rutherfordium (261) (+4)	105 Db Dubnium (262) (+5)	106 Sg Seaborgium (266) (+6)	107 Bh Bohrium (264) (+7)	108 Hs Hassium (277) (+8)	109 Mt Meitnerium (268) (+4 +3)	110 Ds Darmstadium (271) (+4 +2)	111 Rg Roentgenium (272) (+3 +1)	112 Cn Copernicium (285)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moscovium (288)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tennessine (294)	118 Og Oganesson (294)

* لانثانيدات	58 *Ce Cerium 140.116 (+4 +3)	59 Pr Praseodymium 140.9076 (+3)	60 Nd Neodynium 144.242 (+3)	61 Pm Promethium (145) (+3)	62 Sm Samarium 150.36 (+3)	63 Eu Europium 151.964 (+3 +2)	64 Gd Gadolinium 157.25 (+3)	65 Tb Terbium 158.9253 (+3)	66 Dy Dysprosium 162.500 (+3)	67 Ho Holmium 164.9303 (+3)	68 Er Erbium 167.259 (+3)	69 Tm Thulium 168.9342 (+3)	70 Yb Ytterbium 173.054 (+3)	71 Lu Lutetium 174.9668 (+3)
* أكتينيدات	90 Th Thorium 232.0380 (+4)	91 Pa Protactinium 231.0358 (+5)	92 U Uranium 238.0289 (+6)	93 Np Neptunium (237) (+5)	94 Pu Plutonium (244) (+4)	95 Am Americium (243) (+3)	96 Cm Curium (247) (+3)	97 Bk Berkelium (247) (+3)	98 Cf Californium (251) (+3)	99 Es Einsteinium (252) (+3)	100 Fm Fermium (257) (+3)	101 Md Mendelevium (258) (+3)	102 No Nobelium (259) (+3)	103 Lr Lawrencium (262) (+3)

فلزاتٌ

أشباهُ فلزاتٍ

لافلزاتٌ

غازاتٌ نبيلةٌ

مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ
Atomic Force Microscope :AFM

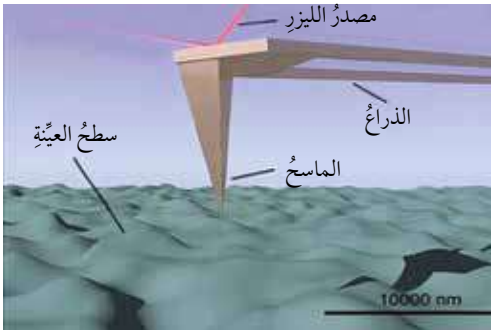
تَدينُ ثورةُ تقنيةِ النانو في تقدُّمِها المُتسارِعِ إلى التطوُّرِ الكبيرِ في تقنياتِ الميكروسكوباتِ الحديثةِ وتطبيقاتِها، ويسعى العلماءُ دائمًا إلى تطويرِ هذهِ الأجهزةِ؛ لفتحِ آفاقٍ علميةٍ وتقنيةٍ جديدةٍ تساعدُ على تعرُّفِ المزيدِ عنْ عالَمِ النانو، وكيفَ يُمكِنُ الإفادةُ منْهُ إفادةً مُثلى.

بوجهٍ عامٍّ، تُصنَّفُ الميكروسكوباتُ النانويةُ إلى نوعيْنِ، هما:

a. الميكروسكوباتُ الإلكترونيةُ EM، مثلُ: الميكروسكوبِ الإلكترونيِّ الماسحِ SEM، والميكروسكوبِ الإلكترونيِّ النافذِ TEM.

b. ميكروسكوباتُ المجسّاتِ الماسحةِ SPM، مثلُ: الميكروسكوبِ النفقيِّ الماسحِ STM، وميكروسكوبِ القُوَّةِ الذرِّيةِ AFM.

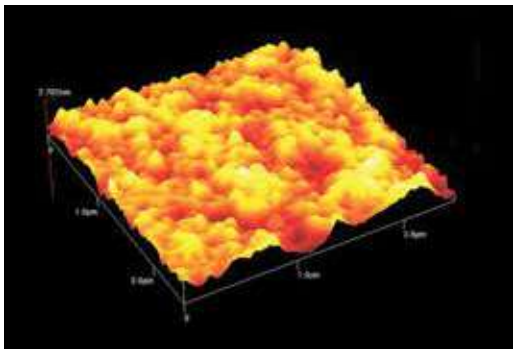
يمتازُ ميكروسكوبُ القُوَّةِ الذرِّيةِ AFM بقدرتِهِ التحليليةِ الكبيرةِ التي تصلُ درجةُ دقَّتِها إلى أجزاءٍ منَ النانومترِ، وبقدرتِهِ على التكبيرِ التي تفوقُ قدرةَ الميكروسكوباتِ الضوئيةِ بأكثرَ منْ 1000 مرَّةٍ؛ ما يتيحُ رؤيةَ أجسامٍ تتراوحُ حجومُها بينَ 20 نانومترًا و300 نانومترٍ؛ لذا فهوَ يُعَدُّ الجهازَ الأكثرَ شهرةً منْ حيثُ التكبيرُ، والقياسُ، والتحريكُ على المستوى النانويِّ.



يتكوَّنُ ميكروسكوبُ القُوَّةِ الذرِّيةِ AFM منْ ذراعٍ مصنوعةٍ منْ مادَّةِ السليكونِ، أوْ نيتريدِ السليكونِ، ولا يتعدّى نصفُ قُطْرِها النانومتراتِ، ويوجدُ في نهايتِها مِجَسٌّ مُكوَّنٌ منْ رأسٍ حادٍّ لمسحِ سطحِ العيِّنةِ. فعندَ اقترابِ رأسِ المِجَسِّ منْ سطحِ العيِّنةِ تتولَّدُ قُوَّةٌ بينَ رأسِ المِجَسِّ وسطحِ العيِّنةِ تؤدي إلى انحرافِ الذراعِ بناءً على قُوَّةٍ مُتبادَلةٍ تختلفُ باختلافِ نوعِ سطحِ العيِّنةِ التي يُرادُ دراستُها.

ينشأُ عنِ القُوَّةِ المُتبادَلةِ بأشكالِها المُتعدِّدةِ انحرافٌ في ذراعِ ميكروسكوبِ القُوَّةِ الذرِّيةِ؛ ما يؤدي إلى انحرافِ شعاعِ الليزرِ عنْ مرآةٍ مُثبَّتةٍ على ذراعِ الميكروسكوبِ، فينعكسُ هذا الشعاعُ على مصفوفةٍ خطِّيةٍ منْ حسّاساتِ الضوءِ، ثمَّ يُرسَلُ إلى أنظمةٍ حاسوبيةٍ مُخصَّصةٍ لمعالجتِها، وإخراجِها على هيئةِ صورٍ ثلاثيةِ الأبعادِ.

يُذكَرُ أنَّ طريقةَ قياسِ الانحرافِ بشعاعِ الليزرِ هيَ أكثرُ الطرائقِ دقَّةً واستخدامًا في الحصولِ على صورٍ للذرّاتِ، والجزيئاتِ، والروابطِ الكيميائيةِ التساهميةِ.



صورةٌ ثلاثيةُ الأبعادِ لمُركَّبِ الفلورو إيثانِ منْ مِجْهرِ القُوَّةِ الذرِّيةِ.

أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أبحثُ عنْ أهمِّ استخداماتِ تقنيةِ النانو في اكتشافِ خصائصِ الذرّاتِ.

1. أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
شحنةُ النواةِ الفعّالةُ، الحجمُ الأيونيُّ.

2. **أستنتجُ.** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: K ، N بدلالةِ العنصرِ النبيلِ المناسبِ لكلٍّ منْها، ثمَّ أُحدّدُ:
أ . رقمُ الدورةِ ورقمُ المجموعةِ لكلِّ عنصرٍ منْ هذهِ العناصرِ؟
ب . عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ لكلِّ عنصرٍ منْ هذهِ العناصرِ؟

3. **أستنتجُ** التوزيعَ الإلكترونيَّ لعنصرٍ:
أ . ينتهي توزيعُهُ الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ $4P^2$.
ب. ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثنائيِّ السالبِ بالمستوى الفرعيِّ $3p^6$.
جـ. ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثلاثيِّ الموجبِ بالمستوى الفرعيِّ $3d^6$.

4. أُحدِّدُ الذرّةَ الأكبرُ حجمًا في كلِّ زوجٍ منَ الأزواجِ الآتيةِ: (Mg , Na)، (Si , C)، (F , Cl).

5. أُحدِّدُ الأصغرَ حجمًا في كلٍّ منَ الأزواجِ الآتيةِ: (Ca , Ca^{2+})، (S , S^{2-})، (O^{2-}, Mg^{2+}).

6. **أستنتجُ** الذرّةَ التي تمتلكُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ أُولى في الأزواجِ الآتيةِ: (Na , K)، (N , Be)، (He, Ne)؟

7. **أُفسِّرُ:**
أ . تتناقصُ حجومُ الذرّاتِ في الدورةِ الثالثةِ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الجدولِ الدوريِّ.
ب. تتناقصُ طاقةُ تأيُّنِ عناصرِ المجموعةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ في الجدولِ الدوريِّ.

8. أدرسُ الجدولَ الآتيَ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:

W											E		M		X	D	
	Y												R				
V												T					

أ . أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلِّ ذرَّةٍ منْ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ: M، Y.
ب. ما رقمُ مجموعةِ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: V، X؟
جـ. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ منْ دورةِ العنصرِ V، ومجموعةِ العنصرِ E؟
د. ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ في ذرَّةِ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: E، Y، X؟
هـ. أيُّ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أكبرُ: E، أمْ R، أمْ V؟
و. أيُّ العناصرِ الآتيةِ لهُ أقلُّ سالبيةٍ كهربائيةٍ: E، أمْ X، أمْ M؟

9. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعناصرِ الآتيةِ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليها:

$_{17}Cl$, $_{12}Mg$, $_{10}Ne$, $_{8}O$

أ . ما عددُ الكترونات التكافؤ في كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: Mg, Cl, N؟

ب. أيُّ العنصريْنِ طاقةُ تأيُّنِهِ أقلُّ: Mg أمْ Na؟

جـ. أيُّ العنصريْنِ حجمُهُ الذرِّيُّ أكبرُ: O أمْ Cl؟

د . أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى سالبيةٍ كهربائيةٍ؟

10. أدرسُ في ما يأتي العناصرَ الافتراضيةَ المتتاليةَ في عددِها الذرِّيِّ بالجدولِ الدوريِّ، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليها:

R G X $_{11}D$ M Z Y

أ . أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرَّةِ العنصرِ X.

ب. ما مجموعةُ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: R , D , Y؟

جـ. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أقلُّ طاقةِ تأيُّنٍ؟

د . أيُّ هذهِ العناصرِ أعلى سالبيةً كهربائيّةً؟

هـ. **أُمثّلُ بيانيًّا** التغيُّرَ في طاقةِ التأيُّنِ لهذهِ العناصرِ بزيادةِ العددِ الذرِّيِّ.

11. تُستخدَمُ مُركَّباتُ الباريومِ ومُركَّباتُ اليودِ في التصويرِ بالأشعةِ السينيةِ الملونةِ لبعضِ الأعضاءِ الداخليةِ والأوعيةِ الدمويةِ في الجسمِ، فهيَ تُكسِبُها لونًا مُميَّزًا؛ ما يجعلُ تصويرَها واضحًا. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الباريومِ (Ba) واليودِ (I)، ثمَّ أُحدِّدُ موقعَ كلٍّ منْهُما (رقمُ الدورةِ، ورقمُ المجموعةِ) في الجدولِ الدوريِّ.

12. أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:

1. المستوى الفرعيُّ الذي يُملأُ أولًا بالإلكتروناتِ، هوَ:

أ . 4d. ب. 4P.

جـ. 5P. د . 5S.

2. عددُ البروتوناتِ في الذرَّةِ التي تركيبُها الإلكترونيُّ $[Ne]\ 3s^2\ 3p^4$، هوَ:

أ . (6) بروتوناتٍ. ب. (8) بروتوناتٍ.

جـ. (16) بروتونًا. د . (24) بروتونًا.

3. يُعَدُّ العنصرُ انتقاليًّا داخليًّا إذا انتهى توزيعُهُ الإلكترونيُّ بأفلاكِ المستوى الفرعي:

أ . S. ب. P.

جـ. d. د . f.

4. عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ لذرَّةٍ تركيبُها الإلكترونيُّ $(1S^2\ 2S^2\ 2P^6\ 3S^2\ 3P^4)$، هوَ:

أ . إلكترونانِ. ب. (4) إلكتروناتٍ.

جـ. (6) إلكتروناتٍ. د . (16) إلكترونًا.

5. أصغرُ ذرَّةٍ حجمًا منَ الذرّاتِ الآتيةِ، هيَ:

أ . $_{14}Si$. ب. $_{16}S$.

جـ. $_{20}Ca$. د . $_{32}Ge$.

6. الذرَّةُ التي لها أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثالثةٍ منَ الذرّاتِ الآتيةِ، هيَ:

أ . $_{17}Cl$. ب. $_{13}Al$.

جـ. $_{19}K$. د. $_{20}Ca$.

الوحدةُ 3

المُركَّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ

Compounds and Chemical Bonds

أتأمَّلُ الصورةَ

يوجدُ حولَنا كثيرٌ منَ المُركَّباتِ الكيميائيةِ التي تتكوَّنُ منْ ذرّاتٍ ترتبطُ ببعضِها بروابطَ مختلفةٍ، فما أنواعُ هذهِ الروابطِ؟ وكيفَ تُؤثِّرُ في خصائصِ المُركَّباتِ؟

الفكرةُ العامةُ:

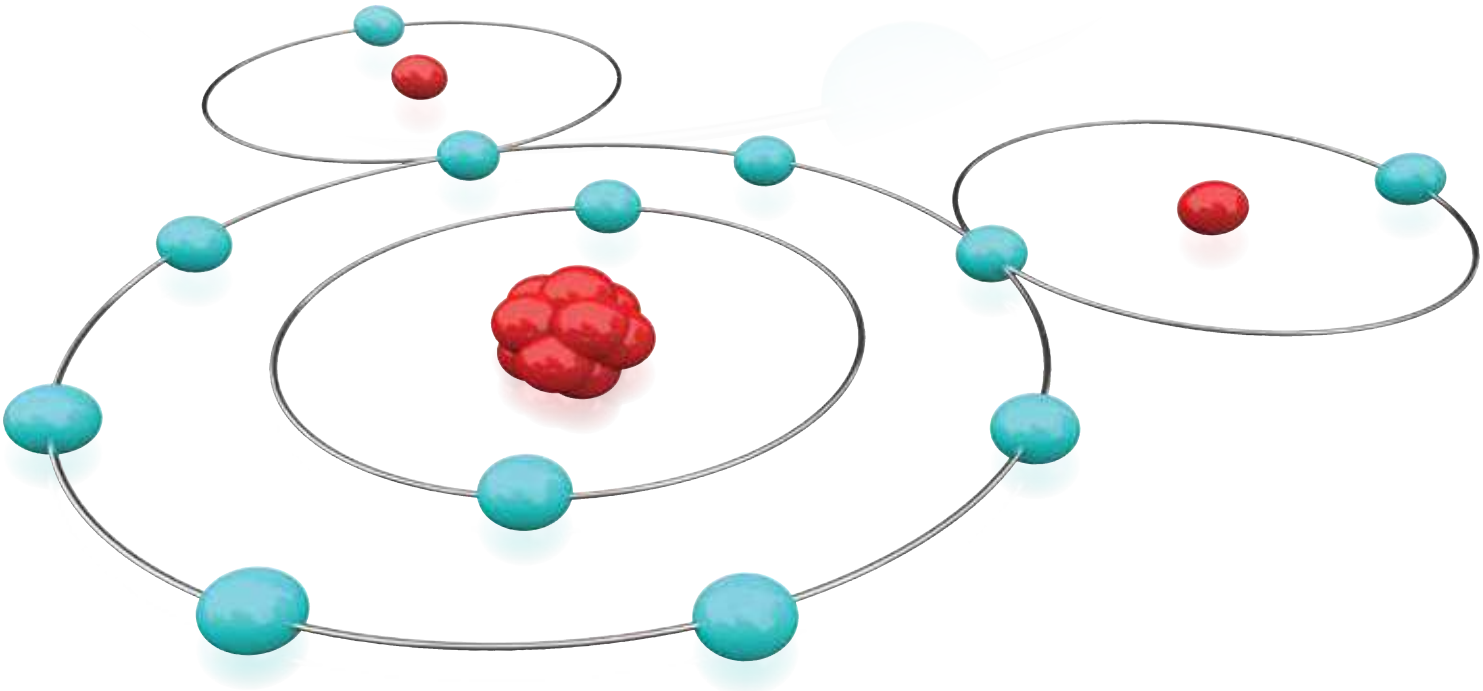
تعتمدُ خصائصُ المُركَّباتِ الكيميائيةِ على الروابطِ بينَ مُكوِّناتِها.

الدرسُ الأولُ: الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها.

الفكرةُ الرئيسةُ: توجدُ أنواعٌ عِدَّةٌ للروابطِ الكيميائيّةِ التي تربطُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ.

الدرسُ الثاني: الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: للمُركَّباتِ الكيميائيةِ خصائصُ مُحدَّدةٌ تختلفُ باختلافِ نوعِ الروابطِ فيها.



الروابطُ في المُركَّباتِ التساهميةِ

الموادُّ والأدواتُ: مجموعةُ نماذجِ الجزيئاتِ (الكراتُ، والوصلاتُ).

إرشاداتُ السلامةِ: أتَّبعُ إرشاداتِ الأمنِ والسلامةِ في المختبرِ.

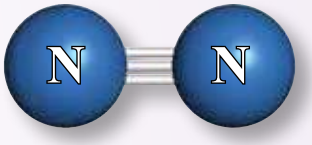
خطواتُ العملِ:

1 **أُلاحِظُ** الجدولَ الآتيَ، ثمَّ أستنتجُ عددَ الروابطِ التي يُمكِنُ أنْ تُكوِّنَها كلُّ ذرَّةٍ منْها، وأختارُ نموذجًا لكلِّ ذرَّةٍ يتوافَقُ عددُ الثقوبِ فيها معَ عددِ الروابطِ، ثمَّ أُدوِّنُها في جدولِ كتابِ الأنشطةِ والتجاربِ العمليةِ.

العنصرُ	رمزُ ذرَّتِهِ	توزيعهُ الإلكترونيُّ
الهيدروجينُ	**H**	$1s^1$
الأكسجينُ	**O**	$1s^2 2s^2 2p^4$
الكربونُ	**C**	$1s^2 2s^2 2p^2$
النتروجينُ	**N**	$1s^2 2s^2 2p^3$

2 **أُصمِّمُ نماذجَ** لكلٍّ منَ الجزيئاتِ الآتيةِ، مُستخدِمًا مجموعةَ نماذجِ الجزيئاتِ (الكراتُ، والوصلاتُ)، كما هو مُوضَّحٌ في الأشكالِ الظاهرةِ:

CH_4



N_2

CO_2

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. ما عددُ الروابطِ التي تُكوِّنُها كُلٌّ منَ الذرّاتِ: C، وَ O، وَ H، وَ N؟
2. **أستنتجُ** عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ المشتركةِ في الروابطِ الآتيةِ: (H–C)، (O=C)، (N≡N).
3. ما عددُ الإلكتروناتِ التي تشاركُ فيها كلٌّ منَ الذرّاتِ السابقةِ؟
4. **أستنتجُ** المقصودَ بالرابطةِ التساهميةِ.

الدرسُ 1

الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها
Compounds and Chemical Bonds

الفكرةُ الرئيسةُ:

توجدُ أنواعٌ عِدَّةٌ للروابطِ الكيميائيةِ التي تربطُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

أستقصي أنواعَ الروابطِ الكيميائيةِ، وكيفيةَ تشكُّلِها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الرابطةُ التساهميّةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond

الرابطةُ التساهميّةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond

الرابطةُ التساهميّةُ الثلاثيّةُ Triple Covalent Bond

الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond

بحرُ الإلكتروناتِ Sea of Electrons

تركيبُ لويس Lewis Structure

اقترحَ العالِمُ جيليبرت لويس عامَ 1902م طريقةً لتمثيلِ أشكالِ الجزيئاتِ أطلقَ عليْها اسمَ تركيبِ لويس Lewis Structure، وهيَ تمثيلٌ نقطيٌّ لإلكتروناتِ التكافؤِ؛ إذْ يُرمزُ لكلِّ إلكترونِ تكافؤٍ بنقطةٍ واحدةٍ توضَعُ على رمزِ العنصرِ.

ترتبطُ الذرّاتُ بعضُها ببعضٍ عن طَريقِ فَقْدِ الإلكتروناتِ، أوْ كسبِها، أوِ المشاركةِ فيها، حتّى يصبحَ لها توزيعٌ إلكترونيٌّ مُكتمِلٌ مُشابِهٌ للتوزيعِ الإلكترونيِّ للغازِ النبيلِ. ويُبيِّنُ الجدولُ (1) التوزيعَ الإلكترونيَّ وتركيبَ لويس لعناصرِ الدورةِ الثالثةِ منِ الجدولِ الدوريِّ.

الجدولُ (1): التوزيعُ الإلكترونيُّ وتركيبُ لويس لعناصرِ الدورةِ الثالثةِ.

العنصرُ	العددُ الذرِّيُّ	المجموعةُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	تركيبُ لويس للذرَّةِ
الصوديومُ	11	IA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$	Na•
المغنيسيومُ	12	IIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$	•Mg•
الألمنيومُ	13	IIIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	•Al•
السليكون	14	IVA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	•Si•
الفوسفورُ	15	VA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	:P•
الكبريتُ	16	VIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	•S•
الكلورُ	17	VIIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	:Cl:

أتحقَّقُ: أكتبُ تركيبَ لويس لكلٍّ منْ ذرّاتِ العناصرِ في الجدولِ الآتي:

العنصرُ:	Li	F	B	N	Be
العددُ الذرِّيُّ:	3	9	5	7	4

الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds

يتكوَّنُ العالَمُ حولَنا منْ ذرّاتٍ، فالماءُ والهواءُ الذي يحيطُ بِنا، وأجسامُنا تتكوَّنُ منْ ذرّاتٍ متناهيةِ الصغرِ. ولا توجدُ هذهِ الذرّاتُ بشكلٍ منفردٍ غالبًا، بلْ ترتبطُ معَ بعضِها بقوى تجاذبٍ مختلفةٍ تُسمّى الروابطَ الكيميائيةَ Chemical Bonds، وهيَ قُوَّةُ تجاذبٍ تنشأُ بينَ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ عنْ طريقِ فقْدِ الذرَّةِ للإلكتروناتِ، أوِ اكتسابِها، أوِ المشاركةِ فيها معَ ذرَّةٍ أُخرى، أوْ ذرّاتٍ عِدَّةٍ. ومثالُ ذلكَ الروابطُ الأيونيةُ، والروابطُ التساهميةُ. فكيفَ تنشأُ هذهِ الروابطُ؟ وما خصائصُ المُركَّباتِ التي تنتجُ منْها؟

العالِمُ جيليبرت لويس.

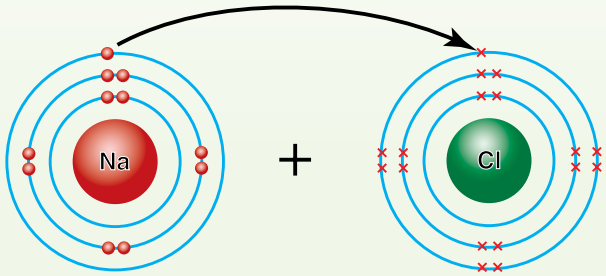
الرابطةُ الأيونيةُ Ionic Bond

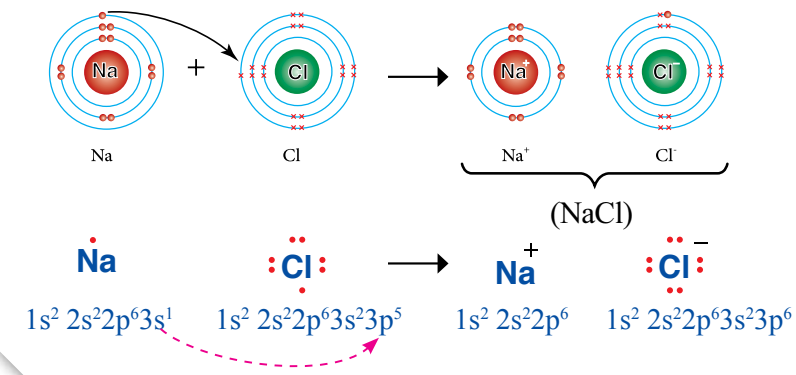
تفقدُ ذرّاتُ بعضِ العناصرِ الإلكتروناتِ، وتُكوِّنُ أيوناتٍ موجبةً، في حينِ تكسبُ ذرّاتُ عناصرَ أُخرى الإلكتروناتِ، وتُكوِّنُ أيوناتٍ سالبةً. يُطلَقُ على القُوَّةِ التي تجذبُ الأيوناتِ ذاتَ الشحناتِ المختلفةِ في المُركَّباتِ اسمُ الرابطةِ الأيونيةِ Ionic Bond، وهيَ رابطةٌ تنشأُ بينَ ذرّاتِ فلزٍّ ولا فلزٍّ، ومثالُ ذلكَ الرابطةُ الأيونيةُ في مُركَّبِ كلوريدِ الصوديومِ NaCl؛ إذْ يحدثُ تجاذبٌ بينَ أيونِ الصوديومِ الموجبِ وأيونِ الكلوريدِ السالبِ، ويُمكِنُ تمثيلُ عمليةِ الترابطِ بينَهُما كما يأتي:

أبحَثُ في مصادر المعرفة المناسبة عن الروابط الكيميائيّة، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّف.

لذرَّةِ الكلورِ 7 إلكتروناتٍ تكافؤٍ في مستوى الطاقةِ الخارجيِّ. وللوصولِ إلى مستوى طاقةٍ خارجيٍّ مُكتمِلٍ، فإنَّها تكسب إلكترونًا منْ ذرَّةِ الصوديومِ.

لذرَّةِ الصوديومِ إلكترونُ تكافؤٍ واحدٍ في مستوى الطاقةِ الخارجيِّ. وللوصولِ إلى مستوى طاقةٍ خارجيٍّ مُكتمِلٍ، فإنَّها تفقدُ هذا الإلكترونَ، وتكتسبُهُ ذرَّةُ الكلورِ.





الشكلُ (1): الترابطُ بينَ ذرَّتَي الصوديومِ والكلورِ.

أُفسِّرُ أثرَ طاقةِ تأيُّنِ ذرَّةِ Na وذرَّةِ Cl في تكوينِ الأيونِ الموجبِ والأيونِ السالبِ.

أُفكِّرُ: يرتبطُ الألمنيومُ (Al) بالكبريتِ (S)؛ لتكوينِ مُركَّبِ (Al_2S_3)، فكيفَ يحدثُ ذلكَ؟

ينشأُ أيونٌ أحاديٌّ موجبٌ Na^+؛ لأنَّ عددَ البروتوناتِ الموجبةِ أكبرُ منْ عددِ الإلكتروناتِ السالبةِ، وينشأُ أيونٌ أحاديٌّ سالبٌ Cl^-؛ لأنَّ عددَ البروتوناتِ الموجبةِ أقلُّ منْ عددِ الإلكتروناتِ السالبةِ، فيحدثُ بينَ الأيونيْنِ تجاذبٌ قويٌّ، كما في الشكلِ (1).

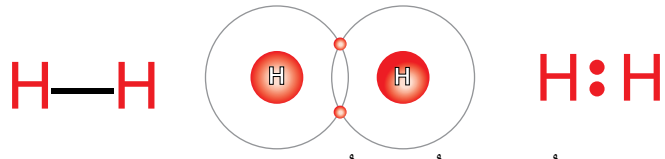
أتحقَّقُ:

- ما المقصودُ بالرابطةِ الأيونيةِ؟
- مثل بالرسم تكون رابطة ايونية بين عنصرا المغنيسوم Mg و الاكسجين O.

الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond

دَرَسْتُ في ما سبقَ أنَّ الرابطةَ الأيونيةَ تنشأُ بينَ أيونٍ موجبٍ وأيونٍ سالبٍ ناتجيْنِ منْ ذرَّتيْنِ، إحداهُما تفقدُ إلكتروناتٍ، والأُخرى تكتسبُها، فكيفَ تنشأُ رابطةٌ إذا كانَتْ إحدى الذرَّتيْنِ لا تميلُ إلى فقْدِ إلكتروناتٍ أوِ اكتسابِها؟

بوجهٍ عامٍّ، تميلُ ذرّاتُ العناصرِ اللافلزِّيةِ إلى المشاركةِ بإلكتروناتِ التكافؤِ أوِ اكتسابِها؛ للوصولِ إلى توزيعٍ إلكترونيٍّ يُشْبِهُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ، ويُطلَقُ على الرابطةِ الكيميائيةِ الناتجةِ منْ تشاركِ زوجٍ أوْ أكثرَ منَ الإلكتروناتِ بينَ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ اسمُ الرابطةِ التساهميةِ Covalent Bond، وتُسمّى المُركَّباتُ الناتجةُ منْها المُركَّباتِ التساهميةَ (الجزيئيةَ) Covalent Compounds.



الشكلُ (2): الرابطةُ التساهميةُ بينَ ذرَّتَي الهيدروجينِ H_2.

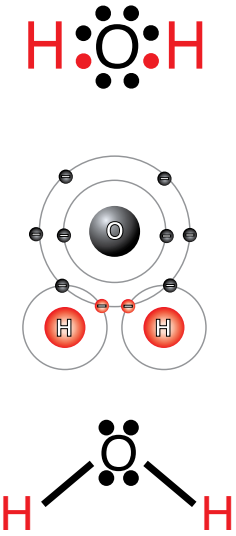
أنواعُ الروابطِ التساهميةِ Types of Covalent Bonds

الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجٍ واحدٍ منَ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ الهيدروجينِ H_2؛ إذْ ترتبطُ ذرَّةُ هيدروجينَ (توزيعُها الإلكترونيُّ $1s^1$) بذرَّةِ هيدروجينَ أُخرى بمشاركةِ كلٍّ منْهُما بإلكترونٍ تكافؤٍ واحدٍ؛ لأنَّ كلًّا منْهُما تحتاجُ إلى إلكترونٍ واحدٍ لكيْ يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيُّ لها؛ لذا ينجذبُ زوجُ إلكتروناتِ الرابطةِ إلى نواتَي الذرَّتيْنِ. يُمكِنُ تمثيلُ الرابطةِ التساهميةِ بينَ ذرَّتَي الهيدروجينِ كما في الشكلِ (2)؛ إذْ يُمثِّلُ كلُّ خطٍّ أوْ زوجٍ منَ النقاطِ رابطةً تساهميةً أحاديةً، تُسمّى سيجما، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ σ.

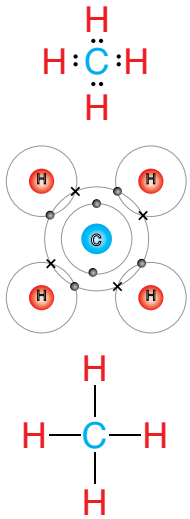
يُعَدُّ جزيءُ الماءِ H_2O مثالًا آخرَ على الرابطةِ التساهميةِ؛ إذْ تمتلكُ ذرَّةُ الأكسجينِ ستةَ إلكتروناتِ تكافؤٍ؛ لذا تحتاجُ إلى إلكترونيْنِ حتّى يكتملَ مستوى طاقتِها الخارجيُّ، فترتبطُ برابطةٍ تساهميةٍ أحاديةٍ (سيجما) معَ كلِّ ذرَّةٍ منْ ذرَّتَي الهيدروجينِ، كما في الشكلِ(3).

وفي جزيءِ الميثانِ CH_4 فإنَّ ذرَّةَ الكربونِ C تمتلكُ أربعةَ إلكتروناتِ تكافؤٍ تشاركُ فيها معَ أربعِ ذرّاتِ هيدروجينَ، فتنشأُ أربعُ روابطَ تساهميةٍ أُحاديّةٍ، كما في الشكلِ (4).

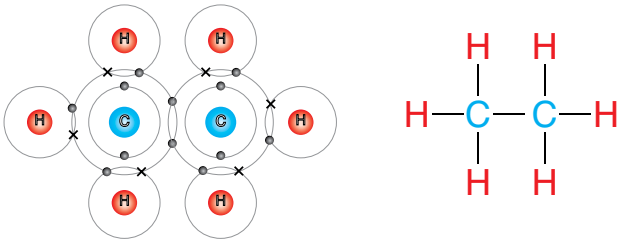
قدْ يكونُ الجزيءُ الذي يحتوي على روابطَ تساهميةٍ أحاديةٍ أكثرَ تعقيدًا كما في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6. أنظرُ الشكلَ(5).



الشكلُ (3): الرابطةُ التساهميةُ في جزيءِ الماءِ H_2O.



الشكلُ (4): الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ في جزيءِ الميثانِ CH_4.

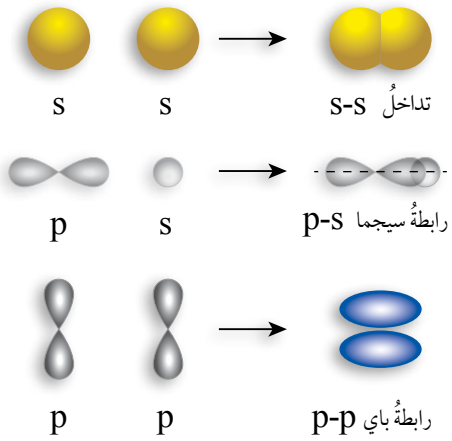


الشكلُ (5): الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6.

الرابطـةُ سيجما والرابطةُ باي:

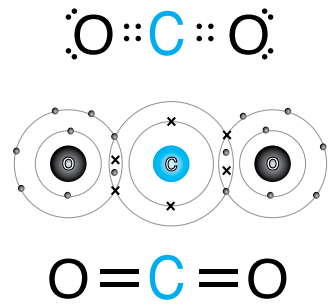
الرابطةُ سيـجما: تنشأُ هذهِ الرابطةُ منَ التداخلِ الرأسيِّ بينَ فَلكَيْ (s-s)، أوْ فَلكَيْ (p-p)، أوْ فَلكَيْ (s-p)، كما يظهرُ في ما يأتي:

الرابطـةُ باي: تنشـأُ هـذهِ الرابطـةُ منَ التداخلِ الجانبيِّ بينَ فَلكَيْ (p-p)؛ إذْ تُمثِّلُ منطقـةُ تداخلِ الفَلكيْنِ أكبرَ احتمالٍ لوجودِ زوجِ الإلكتروناتِ فيها، كما يظهرُ في ما يأتي:

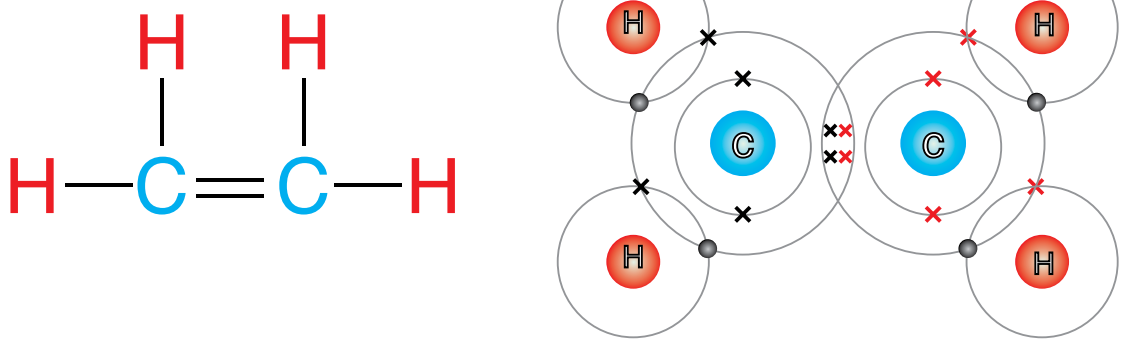


الرابطـةُ التساهميةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond: رابطـةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجيْنِ منِ الإلكتروناتِ كما في جزيءِ ثاني أكسيدِ الكربـونِ CO_2؛ إذْ تحتاجُ ذرَّةُ الكربـونِ C إلى أربعـةِ إلكترونـاتٍ حتّى يكتملَ مستوى طاقَتِها الخارجيِّ، في حينِ تحتاجُ ذرَّةُ الأكسجينِ O إلى إلكترونيْنِ، وبذلكَ تتشاركُ ذرَّةُ الكربونِ معَ ذرَّتَيْ أكسجينَ، فتنشأُ رابطـةٌ تساهميـةٌ ثنائيـةٌ (إحداهُما سيجما σ، والأُخرى تُسمّى باي π) بينَ ذرَّةِ الكربونِ وكلِّ ذرَّةٍ منْ ذرَّتَيِ الأكسجينِ، كما في الشكلِ (6).

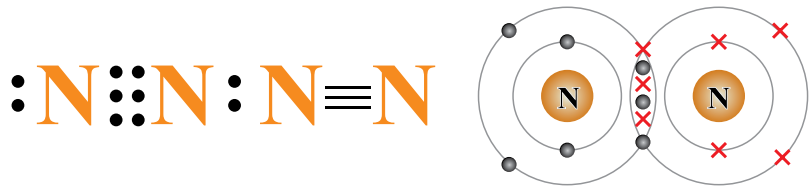
ومثلُ ذلكَ أيضًا جزيءُ الإيثينِ C_2H_4؛ إذْ تشتركُ ذرَّتا الكربونِ بزوجينِ منَ الإلكتروناتِ فيما بينَهُما، كما هو موضَّحٌ في الشكلِ(7).



الشكلُ (6): الرابطةُ التساهميةُ الثنائيـةُ في جـزيءِ ثاني أكسيدِ الكربـونِ CO_2.



الشكلُ (7): الرابطـةُ التساهميةُ الثنائيةُ في جزيءِ الإيثينِ C_2H_4.



الشكلُ (8): الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ في جزيءِ النتروجينِ N_2.

أذكرُ عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرَ الرابطةِ على ذرَّةِ N الواحدةِ.

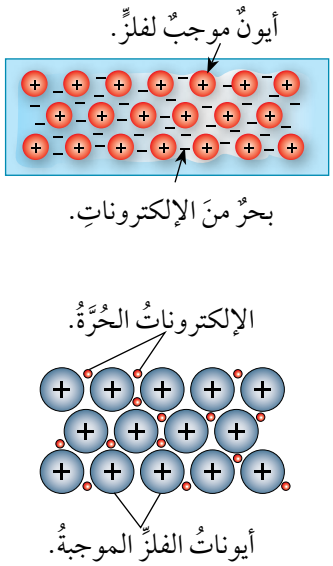
الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ Triple Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ كما في جزيءِ النتروجينِ N_2؛ إذْ تحتوي ذرَّةُ النتروجينِ على خمسةِ إلكتروناتِ تكافؤٍ، وبذلكَ تحتاجُ إلى ثلاثةِ إلكتروناتٍ حتّى يكتملَ مستوى طاقَتِها الخارجيِّ، فتتشاركُ الذرَّتانِ في ثلاثةِ إلكتروناتٍ منْ كلٍّ منْهُما؛ لتنشأَ رابطةٌ تساهميةٌ ثلاثيةٌ (رابطةُ سيجما σ، ورابطتا باي π)، كما في الشكلِ (8).

أفكِّرُ: أُوضِّحُ كيفَ تتكوَّنُ الروابطُ في جزيءِ HCN؟

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بكلٍّ منَ الروابطِ التساهميةِ الأحاديةِ، والثنائيةِ، والثلاثيةِ؟

الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond

ترتبطُ ذرّاتُ عنصرِ الفلزِّ الواحدِ ببعضِها برابطةٍ تُسمّى **الرابطةَ الفلزِّيةَ Metallic Bond**، وتُعرَفُ هذهِ الرابطةُ بأنَّها قُوَّةُ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ. تنشأُ الرابطةُ الفلزِّيةُ نتيجةَ فقْدِ ذرّاتِ الفلزِّ لإلكتروناتِ التكافؤِ، فتتحوَّلُ هذهِ الذرّاتُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ تحيطُ بها الإلكتروناتُ منْ جميعِ النواحي على شكلِ **بحرٍ منَ الإلكتروناتِ Sea of Electrons**، كما في الشكلِ (9).



الشكلُ (9): نموذجُ الرابطةِ الفلزِّيةِ.

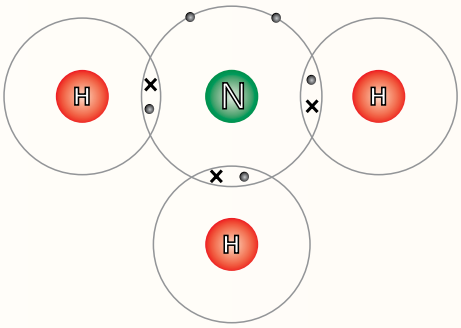
أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالرابطةِ الفلزِّيةِ؟

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** كيفَ تتكوَّنُ الروابطُ الكيميائيةُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ؟

2. **أتـوقَّعُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الـذرّاتِ الآتيـةِ، ثمَّ أُحدّدُ التغيُّرَ الذي ينبغي حدوثُـهُ؛ لتمتلكَ كلُّ ذرَّةٍ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ:
   - النتروجينُ.
   - الكبريتُ.
   - الليثيومُ.

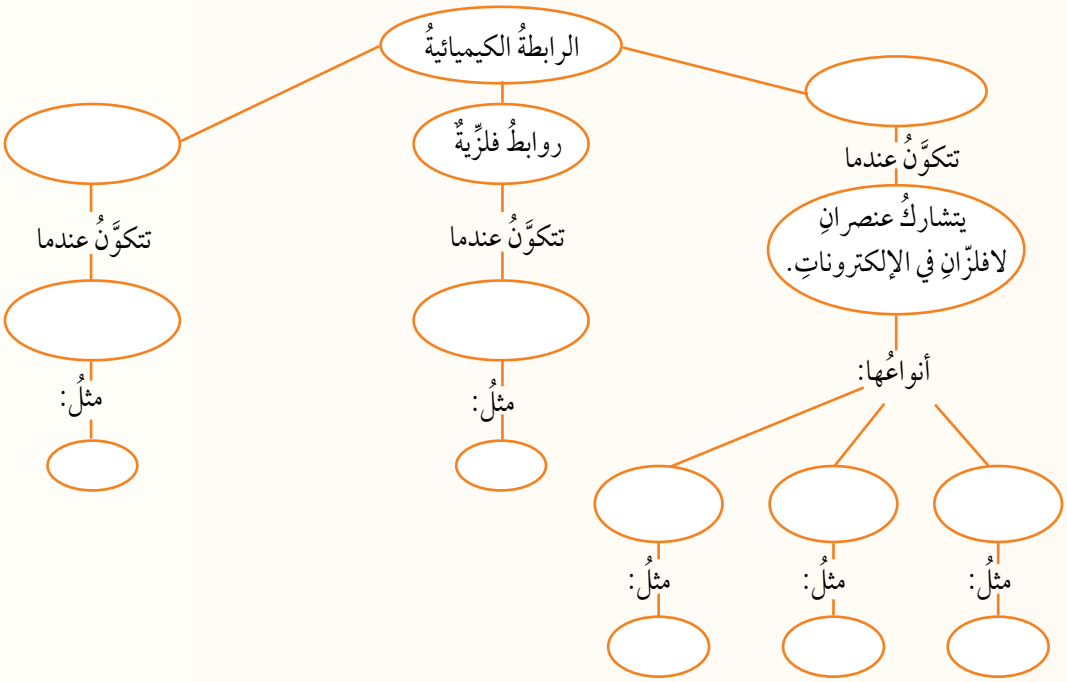
3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ جزيءَ الأمونيا:



   أ . ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ لذرَّةِ N؟
   ب. ما نوعُ الرابطةِ التساهميةِ في هذا الجزيءِ؟
   جـ. ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ الرابطةِ؟
   د . ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرِ الرابطةِ؟

4. يتكوَّنُ جزيءُ HCl منَ ارتباطِ ذرَّةِ هيدروجينَ بذرَّةِ كلورٍ، أُبيِّنُ بالرسمِ هذا الترابطَ.

5. أُكمِلُ المخطَّطَ المفاهيميَّ الآتيَ الذي يتعلَّقُ بموضوعِ الروابطِ الكيميائيةِ:



الدرسُ 2

الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ

Chemical Formulas and Compounds Properties

الفكرةُ الرئيسةُ:

للمُركَّباتِ الكيميائيةِ خصائصُ مُحدَّدةٌ تختلفُ باختلافِ نوعِ الروابطِ فيها.

نتاجاتُ التعلُّمِ:

- أذكرُ خصائصَ بعضِ المُركَّباتِ الكيميائيةِ عنْ طريقِ نوعِ الرابطةِ فيها.
- أُعبِّرُ عنْ بعضِ المُركَّباتِ بالصيغِ الكيميائيةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المُركَّباتُ الأيونيةُ

Ionic Compounds

المُركَّباتُ التساهميةُ (الجزيئيةُ)

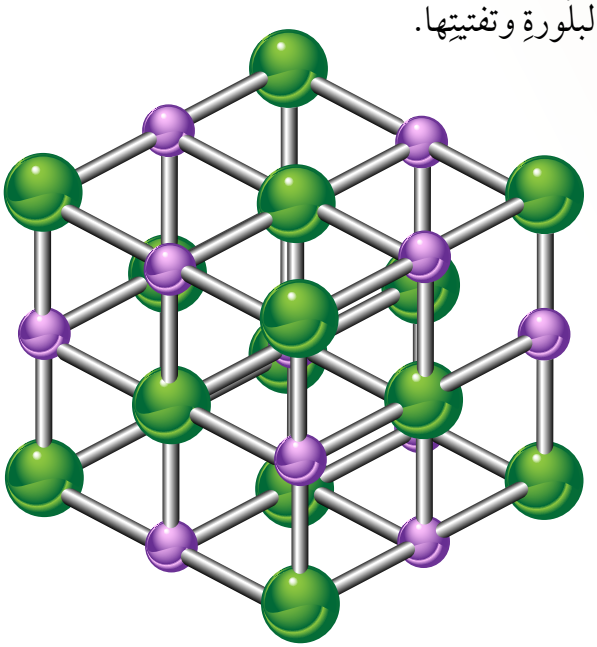
Covalent (Molecular) Compounds

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمُركَّباتِ الأيونيةِ

Physical Properties of Ionic Compounds

تُسمّى المُركَّباتُ التي تحتوي على روابطَ أيونيةٍ **المُركَّباتِ الأيونيةَ Ionic Compounds**، وهيَ توجدُ على شكلِ بلّوراتٍ صُلْبةٍ تترتَّبُ في شبكةٍ بلّوريةٍ، ومنْ أمثلتِها بلّورةُ كلوريدِ الصوديومِ (ملحُ الطعامِ) NaCl؛ إذْ يُحاطُ الأيونُ الموجبُ للصوديومِ بستةِ أيوناتٍ سالبةٍ للكلوريدِ، وكذلكَ يُحاطُ الأيونُ السالبُ للكلوريدِ بستةِ أيوناتٍ موجبةٍ للصوديومِ؛ ما يُكسِبُ المُركَّبَ الأيونيَّ القُوَّةَ والصلابةَ، علمًا أنَّ شكلَ بلّورةِ كلوريدِ الصوديومِ مُكَعَّبٌ، كما في الشكلِ (10).

منْ خصائصِ البلّوراتِ الصُّلْبةِ لهذهِ المُركَّباتِ أنَّها قاسيةٌ Hard؛ بسببِ قُوَّةِ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ في البلّورةِ (قُوَّةُ الرابطةِ الأيونيةِ)، فيصعبُ الفصلُ بينَ هذهِ الأيوناتِ. تتَّصفُ البلّوراتُ الأيونيةُ الصُّلْبةُ أيضًا بأنَّها هشَّةٌ Brittle سهلةُ الكسرِ؛ نظرًا إلى اقترابِ الأيوناتِ المُتماثِلةِ في الشحنةِ بعضِها منْ بعضٍ عندَ الضغطِ على البلّورةِ، فتتنافرُ مُبتعِدةً عنْ بعضِها؛ ما يُسهِّلُ عمليةَ كسرِ البلّورةِ وتفتيتِها.



الشكلُ (10): نموذجُ بلّورةِ كلوريدِ الصوديومِ.

أُفسِّرُ النسبةَ بينَ أيوناتِ الصوديومِ إلى أيوناتِ الكلوريدِ في البلّورةِ.

الجدولُ (3): درجاتُ الانصهارِ والغليانِ لمُركَّبَي NaCl، وَ MgO.

اسمُ المُركَّبِ	درجةُ الانصهارِ (°C)	درجةُ الغليانِ (°C)
NaCl	801	1413
MgO	2852	6300

تمتازُ المُركَّباتُ الأيونيــةُ أيضًا بارتفـاعِ درجاتِ انصهارِها وغليانِها Melting and Boiling Points؛ لأنَّ التغلُّـبَ على قوى التجــاذبِ بينَ الأيونـاتِ الموجبــةِ والأيونـاتِ السـالبةِ يتطلَّـبُ وجـودَ طاقــةٍ كبيرةٍ. أنظـرُ الجــدولَ (3) الـذي يُبيِّـنُ درجـاتِ الانصهـارِ والغليـانِ لمُركَّبَي NaCl، وَ MgO.

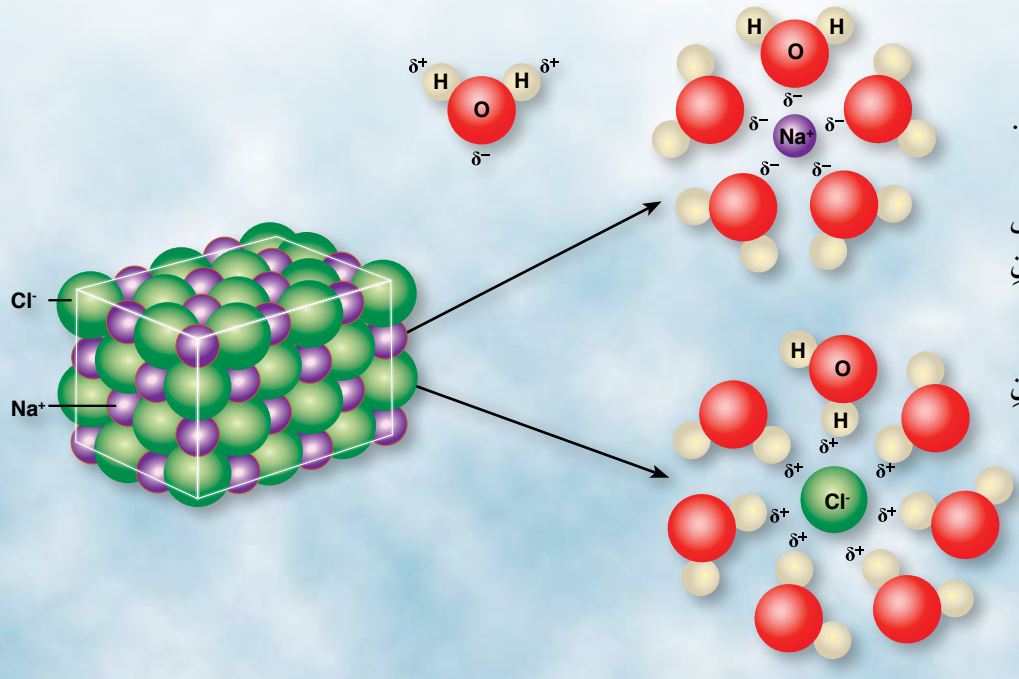
يُلاحَظُ منَ الجـدولِ أنَّ درجتَـي الانصهارِ والغليـانِ لمُركَّبِ MgO الذي يحملُ الشحنـاتِ $Mg^{2+}O^{2-}$ أعلى منْهما للمُركَّبِ NaCl الذي يحملُ الشحناتِ $Na^{+}Cl^{-}$؛ لأنَّ زيادةَ الشحنـاتِ علـى الأيونـاتِ تؤدي إلى زيادةِ قُـوَّةِ التـجاذبِ بيْنَها، فتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ للتغلُّبِ عليْها.

تمتـازُ المُركَّباتُ الأيونيـةُ بذائبيةٍ Solubility عاليـةٍ في المـاءِ؛ إذْ تـذوبُ بسهولـةٍ بسببِ قـدرةِ جزيئـاتِ المـاءِ على عمـلِ تجـاذبٍ مـعَ أيوناتِ البلّورةِ، كما في الشكلِ (11)؛ ما يؤدي إلى فصلِ الأيوناتِ عنِ البلّورةِ، فتصبحُ حُرَّةَ الحركةِ بينَ جزيئاتِ الماءِ.

الربطُ بالحياةِ

أُكسيدُ المغنيسيومِ MgO

يُستخدَمُ مُركَّبُ أكسيدِ المغنيسيومِ MgO علـى نطـاقٍ واسـعٍ في الصناعــاتِ المُتعلِّقـةِ بأعمـالِ البنـاءِ؛ إذْ يـدخـلُ في صناعــةِ الأسمنتِ، والمـوادِّ المقاومـةِ للحرائـقِ مثلِ الطوبِ الحراريِّ؛ نظرًا إلى ارتفـاعِ درجـةِ انصهارِهِ التي قدْ تصلُ إلى درجةٍ أكبرَ منْ 2800 °C.



الشكلُ (11): ذوبانُ المُركَّبِ الأيونيِّ في الماءِ.

- **أُفسِّرُ** أثرَ الشحناتِ على جـزيءِ المـاءِ في ذوبـانِ المُركَّبِ الأيونيِّ.
- **مـا الفرقُ** بيـنَ الذوبـانِ والانصهارِ؟

التجربةُ 1

التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّباتِ الأيونيةِ

الموادُّ والأدواتُ: ملحُ الطعامِ NaCl، ماءٌ، دارةٌ كهربائيةٌ، كأسٌ زجاجيةٌ، وعاءٌ.

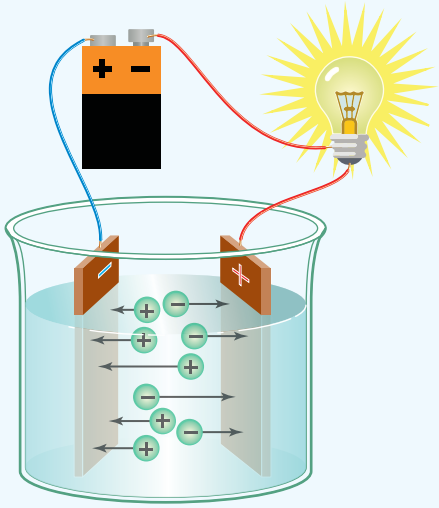
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ معطفِ المختبرِ، ولبسُ القفازيْنِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُكوِّنُ دارةً كهربائيةً موصولةً إلى قطبَيْ جرافيتَ.
2. **أُلاحِظُ:** أضعُ 50g منْ ملحِ الطعامِ في وعاءٍ، ثمَّ أغمسُ قطبَيِ الجرافيتِ في الملحِ، وأُلاحِظُ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.
3. **أُلاحِظُ:** أُذيبُ 50g من ملحِ الطعامِ في كأسٍ زجاجيةٍ مملوءةٍ حتّى منتصفِها بالماءِ، ثمَّ أغمسُ قطبَيِ الجرافيتِ في المحلولِ، وأُلاحِظُ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

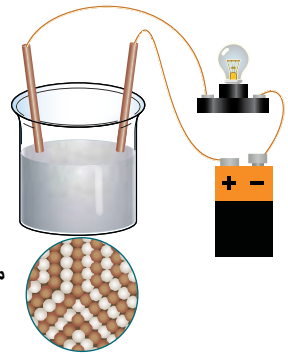
أُفسِّرُ إضاءةَ المصباحِ في حالةِ المحلولِ.



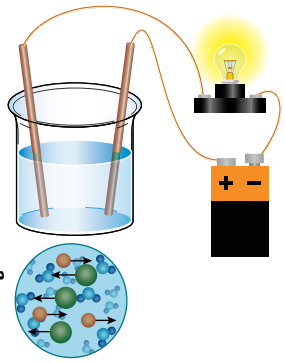
محلول ملحُ الطعامِ

يَتبيَّنُ منَ التجربةِ السابقةِ أنَّ المُركَّباتِ الأيونيةَ غيرُ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ وهيَ في الحالةِ الصُّلْبَةِ؛ بسببِ قوى التجاذبِ القويةِ بينَ الأيوناتِ المُختلِفةِ في شحناتِها؛ ما يجعلُ هذهِ الأيوناتِ مُقيَّدةً في أماكنِها في البلّورةِ، ويمنعُ حركتَها، ولكنَّ محاليلَ (أوْ مصاهيرَ) هذهِ المُركَّباتِ موصلةٌ للتيارِ الكهربائيِّ بصورةٍ جيدةٍ؛ نظرًا إلى تفكُّكِ البلّوراتِ عندَ صهرِها أوْ إذابتِها في الماءِ، فتصبحُ الأيوناتُ حرَّةَ الحركةِ. أنظرُ الشكلَ (12).

أتحقَّقُ: أُفسِّرُ ارتفاعَ درجةِ انصهارِ المركّباتِ الأيونيّةِ.



مادةٌ أيونيةٌ صُلْبةٌ



محلولُ مادةٍ أيونيةٍ

الشكلُ (12): التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّبِ الأيونيِّ.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمُركَّباتِ التساهميةِ

Physical Properties of Molecular Compounds

تُسمّى الموادُّ التي تحتوي على روابطَ تساهميةٍ **المُركَّباتِ التساهميةَ (الجزيئيةُ)** **Covalent (Molecular) Compounds**. وهيَ توجدُ بإحدى الحالاتِ الفيزيائيةِ الثلاثِ (الصُّلْبةُ، السائلةُ، الغازيةُ). تمتلكُ المُركباتُ التساهميةُ البسيطةُ درجاتِ انصهارٍ وغليانٍ منخفضةٍ مقارنةً بالمُركَّباتِ الأيونيةِ؛ ما يجعلُها مُركَّباتٍ مُتطايرةً Volatile. وفي هذا السياقِ، تمتازُ غالبيةُ المُركباتِ التساهميةِ بعدمِ قابليتِها للذوبانِ في الماءِ، وعدمِ احتواءِ محاليلِها على أيوناتٍ؛ ما يجعلُها غيرَ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ بوجهٍ عامٍّ، علمًا أنَّ بعضَها يصبحُ موصلًا للتيارِ الكهربائيِّ بعدَ إذابتِهِ في الماءِ؛ نظرًا إلى احتواءِ المحلولِ على أيوناتٍ، كما في حالةِ جزيئاتِ HCl.

أبحَثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عن الخصائصِ الفيزيائيّةِ للمركّباتِ التساهميّةِ، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدامِ برنامجِ movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِ.

التجربةُ 2

التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّباتِ التساهميةِ

الموادُّ والأدواتُ: سُكَّرُ الجلوكوزِ $C_6H_{12}O_6$، ماءٌ، دارةٌ كهربائيةٌ، كأسٌ زجاجيةٌ، سخّانٌ كهربائيٌّ، وعاءٌ.

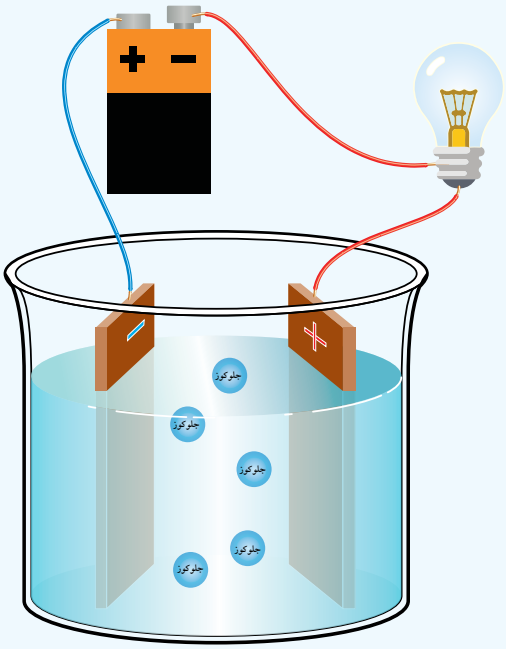
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ معطفِ المختبرِ، ولبسُ القفازيْنِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينيْنِ، والحذرُ عندَ تسخينِ الوعاءِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُكوِّنُ دارةً كهربائيةً موصولةً إلى قطبَي جرافيتَ.
2. **أُلاحِظُ:** أضعُ 50 g منْ سُكَّرِ الجلوكوزِ في وعاءٍ، ثُمَّ أغمسُ قطبَي الجرافيتِ في السُّكَّرِ، وألاحظُ ما يحدُثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.
3. **أُلاحِظُ:** أُذيبُ 50 g منْ سُكَّرِ الجلوكوزِ في كأسٍ زجاجيةٍ، وأستعملُ السخّانَ الكهربائيَّ لإذابةِ الكميةِ كلِّها منَ السُّكّرِ إنْ لزمَ الأمرُ، ثمَّ أغمسُ قطبَي الجرافيتِ في المحلولِ، وأُلاحِظُ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

أُفسِّرُ عدمَ توصيلِ سُكَّرِ الجلوكوزِ للتيارِ الكهربائيِّ في الحالتينِ: الصُّلبةِ، والمحلولِ.

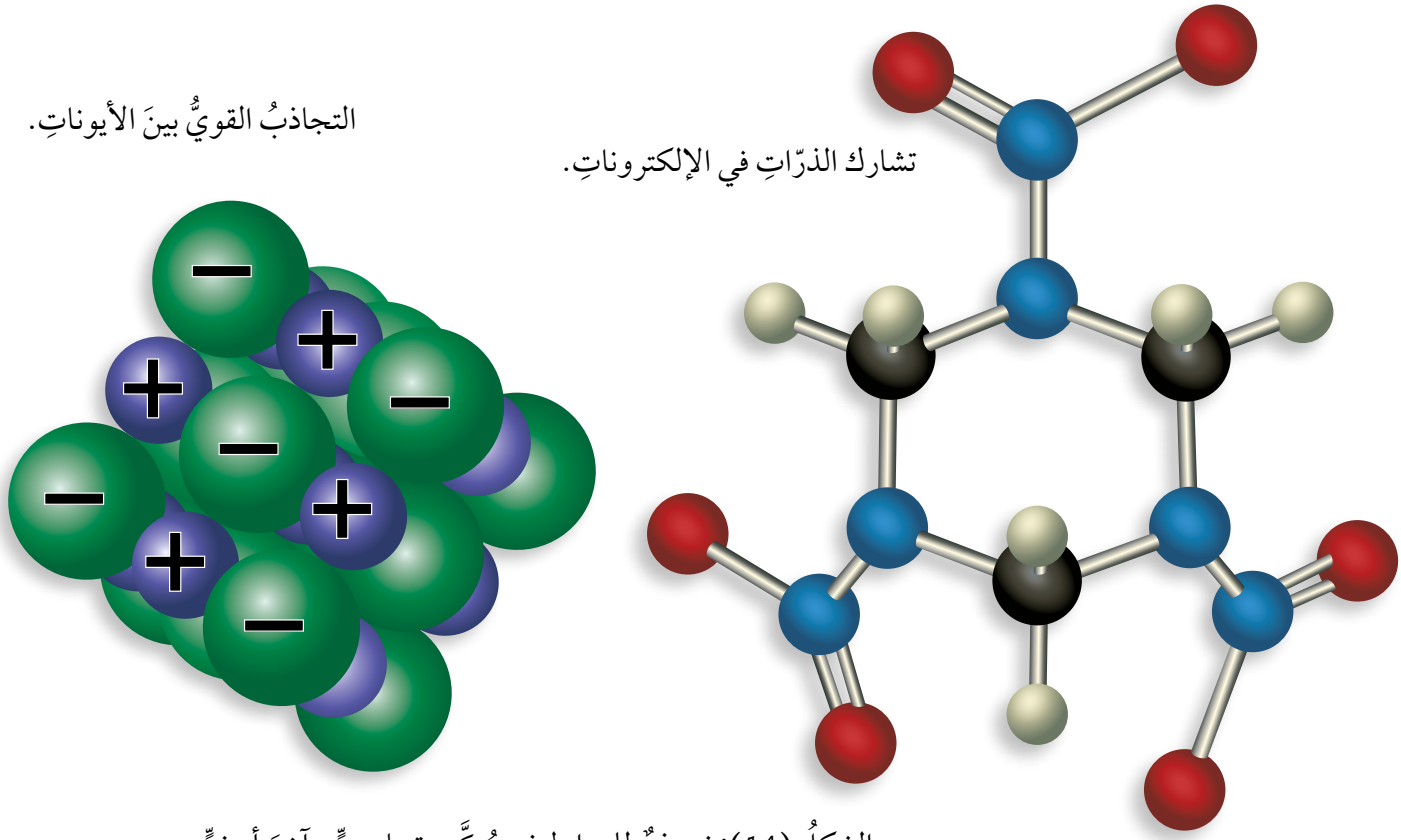


سُكَّرُ الجلوكوزِ

الجدولُ (4):	مقارنةٌ بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ.	
الخاصيةُ	المُركَّباتُ الأيونيةُ	المُركَّباتُ التساهميةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ:	عاليةٌ.	منخفضةٌ غالبًا.
التطايرُ:	غيرُ مُتطايِرةٍ.	مُتطايِرةٌ (للمركبات البسيطة).
الذائبيةُ في الماءِ:	تذوبُ في الماء.	لا تذوبُ غالبًا في الماءِ.
توصيلُ الكهرباءِ في الحالةِ الصُّلْبةِ:	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ.	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ بوجهٍ عامٍّ.
توصيلُ الكهرباءِ في حالةِ المحلولِ:	موصلةٌ للكهرباءِ.	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ بوجهٍ عامٍّ، ولكنَّ بعضَها موصلٌ لها.

يُمثِّلُ الجدولُ (4) مقارنةً بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ، منْ حيثُ درجاتُ الانصهارِ والغليانِ، والتطايرُ، والذائبيةُ، وتوصيلُ الكهرباءِ. أنظرُ الشكلَ (14) الذي يُمثِّلُ نموذجًا للروابطِ في مُركَّبٍ تساهميٍّ وآخرَ أيونيٍّ.

✓ **أتحقَّقُ:** أذكرُ الخصائصَ العامةَ للمُركَّباتِ التساهميةِ.



الشكلُ (14): نموذجٌ للروابطِ في مُركَّبٍ تساهميٍّ وآخرَ أيونيٍّ.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للفلزّاتِ Physical Properties for Metals

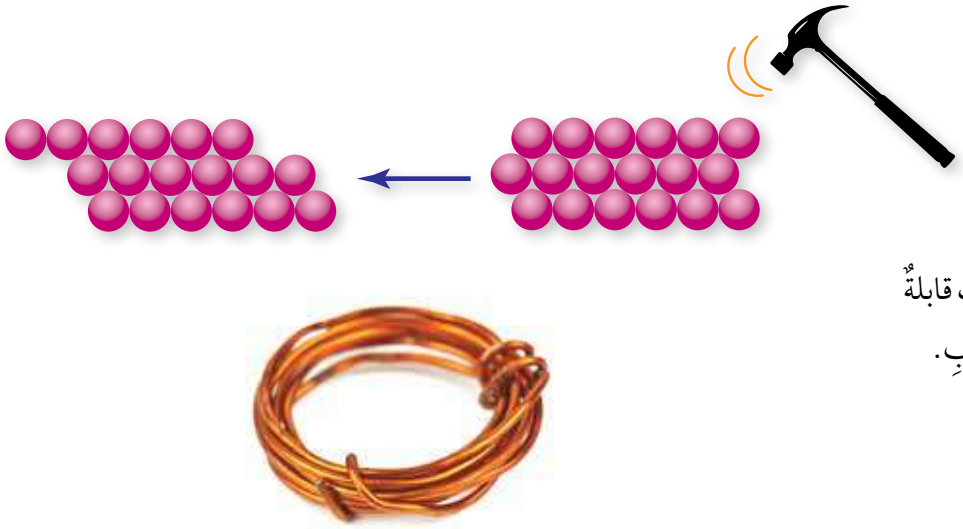
تُستخدَمُ الفلزّاتُ كثيرًا في مجالاتٍ عِدَّةٍ منْ حياتِنا اليوميةِ. والفلزّاتُ موادُّ صُلْبةٌ (ما عدا الزئبقَ؛ فهوَ سائلٌ) تمتازُ بأنَّها لامعةٌ Shiny، وقابلةٌ للطَّرْقِ Malleable، والسَّحْبِ Ductile. فعندَ طَرْقِ فلزٍّ ما تتكوَّنُ صفائحُ، وعندَ سَحْبِهِ تتكوَّنُ أسلاكٌ. وهذا يعني أنَّ بلّورةَ الفلزِّ لا تتكسَّرُ؛ لأنَّ صفوفَ الأيوناتِ الموجبةِ ينزلقُ بعضُها عنْ بعضٍ، لكنَّها تظلُّ في بحرِ الإلكتروناتِ نفسِهِ. أنظرُ الشكلَ (14).

تمتازُ الفلزّاتُ أيضًا بأنَّها موصلةٌ جيدةٌ للكهرباءِ والحرارةِ Conductors of Electricityand Heat؛ نظرًا إلى حركةِ الإلكتروناتِ الحُرّةِ في بلّورةِ الفلزِّ.

✓ **أتحقَّقُ:** أُفسِّرُ ما يأتي: الفلزّاتُ قابلةٌ للطَّرْقِ والسَّحْبِ.

الربطُ بالصحةِ

استخدمَ أطباءُ الأسنانِ منذُ القِدَمِ مزيجًا مُكوَّنًا منْ فلزّاتٍ مُختلِفةٍ، مثلِ: النحاسِ، والفضةِ، والقصديرِ، والزئبقِ؛ لحِشْوِ فجواتِ الأسنانِ. ونظرًا إلى ما تُسبِّبُهُ أبخرةُ الزئبقِ السامَّةُ منْ ضررٍ بالصحةِ، فقدْ مُنِعَ استخدامُهُ في طبِّ الأسنانِ، واستُعيضَ عنْهُ بمزيجٍ منَ الصمغِ والبورسلانِ بوصفِهِ بديلًا آمنًا. أمّا في مجالِ تقويمِ الأسنانِ فاستُخدِمَتْ سبائكُ منَ النيكلِ والتيتانيومِ؛ لأنَّها لا تصدأُ، ولا تتآكلُ.



الشكلُ (14): الفلزّاتُ قابلةٌ للطَّرْقِ والسَّحْبِ.

الصيغُ الكيميائيةُ للمُركَّباتِ Chemical Formulas For Compounds

تُستعمَلُ الرموزُ والصيغُ الكيميائيةُ للتعبيرِ عنِ الموادِ الكيميائيةِ. وَتُعَرَّفُ الرموزُ بأنَّها طريقةٌ لتمثيلِ ذرّاتِ العناصرِ. أنظرُ الجدولَ (5) الذي يُبيِّنُ أسماءَ بعضِ العناصرِ، وشحنةَ الأيونِ، وتكافؤَ العنصرِ.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ أنَّ تكافؤَ العنصرِ يساوي عددَ الإلكتروناتِ التي تفقدُها الذرَّةُ، أوْ تكسبُها، أوْ تُشارِكُ فيها، وأنَّهُ يساوي شحنتَهُ عدديًّا.

أمّا الصيغُ الكيميائيةُ Chemical Structure، فهيَ طريقةٌ موجزةٌ للتعبيرِ عنْ نِسَبِ ذرّاتِ العناصرِ ونوعِها، التي يتكوَّنُ منْها أيُّ مُركَّبٍ كيميائيٍّ. فمثلًا، مُركَّبُ $MgCl_2$ يتكوَّنُ منْ عنصرَيِ المغنيسيومِ Mg، والكلورِ Cl، ويُسمّى هذا المُركَّبُ بكتابةِ اسمِ الأيونِ السالبِ (Cl^- كلوريد)، ثمَّ اسمِ الأيونِ الموجبِ (Mg^{2+} مغنيسيومُ)؛ لذا يُسمّى مُركَّبَ $MgCl_2$ كلوريدِ المغنيسيومِ.

الربطُ بالحياة
المُرَكَّباتُ الأيونيّة

توجدُ في الطبيعةِ خاماتٌ عديدةٌ للمُرَكَّباتِ الأيونيّة؛ حيثُ تنتظِمُ الأيوناتُ المُكوِّنةُ للمُرَكَّباتِ في شبكةٍ بلّوريّةٍ ضخمةٍ تحافظُ على تماسُكِ البلّورة، ويؤدّي الاختلافُ في شحنةِ الأيوناتِ وَحُجومِها إلى تكوُّنِ بلّوراتٍ مختلفةِ الأشكال. وَمِنَ الأمثلةِ عليها مُرَكَّباتُ: الباريت $BaSO_4$، والبيرل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$، والأرجونيت $CaCO_3$، والهيماتيت Fe_2O_3، وَكِبريتاتِ النُّحاس $CuSO_4$.

الجدولُ (5): أسماءُ بعضِ العناصرِ، وشحنةُ الأيونِ، وتكافؤُ العنصرِ لكلٍّ منْها.

	العنصرُ	شحنةُ أيونِهِ	العنصرُ	شحنةُ أيونِهِ
عناصرُ أحاديةُ التكافؤِ:	الفضةُ	Ag^{1+}	الهيدروجينُ	H^{1+}
	الليثيومُ	Li^{1+}	الفلورُ	F^{1-}
	الصوديومُ	Na^{1+}	الكلورُ	Cl^{1-}
	البوتاسيومُ	K^{1+}	البرومُ	Br^{1-}
عناصرُ ثنائيةُ التكافؤِ:	النحاسُ	Cu^{2+}	الخارصينُ	Zn^{2+}
	الكالسيومُ	Ca^{2+}	النيكلُ	Ni^{2+}
	الحديدُ	Fe^{2+}	الكبريتُ	S^{2-}
عناصرُ ثلاثيةُ التكافؤِ:	الألمنيومُ	Al^{3+}	النتروجينُ	N^{3-}
	الحديدُ	Fe^{3+}	الفوسفورُ	P^{3-}
عناصرُ رباعيةُ التكافؤِ:	الكربونُ	$C^{4\pm}$		

الجدولُ (6):	المجموعاتُ الأيونيةُ، وشحناتُها، وتكافؤُ كلٍّ منْها.		
	اسمُ المجموعةِ	الرمزُ	الشحنةُ
مجموعاتٌ أيونيةٌ أحاديةُ التكافؤِ:	الهيدروكسيدُ	OH^-	1-
	النتراتُ	NO_3^-	1-
	الكربوناتُ الهيدروجينيّةُ	HCO_3^-	1-
	الأمونيومُ	NH_4^+	1+
	البيرمنجناتُ	MnO_4^-	1-
مجموعاتٌ أيونيةٌ ثنائيةُ التكافؤِ:	الكربوناتُ	CO_3^{2-}	2-
	الكبريتاتُ	SO_4^{2-}	2-
	الكروماتُ	CrO_4^{2-}	2-
	الدايكروماتُ	$Cr_2O_7^{2-}$	2-
مجموعاتٌ أيونيةٌ ثلاثيةُ التكافؤِ:	الفوسفاتُ	PO_4^{3-}	3-

تحتوي بعضُ الأيوناتِ على أكثرَ منْ نوعٍ واحدٍ من الذرَّاتِ (مُتعدِّدةُ الذرّاتِ)، وتُعرَفُ باسمِ المجموعاتِ الأيونيةِ، ويُنظَرُ إليْها بوصفِها وحدةً واحدةً كما في رموزِ العناصرِ، وترتبطُ ذرّاتُها في ما بينَها بروابطَ تساهميةٍ، في حينِ ترتبطُ بالأيوناتِ الأخرى بروابطَ أيونيةٍ. أنظرُ الجدولَ (6) الذي يُبيِّنُ اسمَ المجموعةِ الأيونيةِ، ورمزَها، وشحنتَها، وتكافؤَها.

وبالطريقةِ السابقةِ نفسِها، فإنَّ المجموعـةَ الأيونيةَ السّالبةَ تُسمّى أولًا، يليها اسمُ الأيونِ الموجبِ. فمثلًا، يُسمّى المُركَّبُ $CaSO_4$ كبريتاتِ الكالسيومِ. ولكتابةِ صيغتِـهِ الكيميائيةِ، يجبُ معرفةُ رموزِ العناصرِ التي يتكـوَّنُ منْها، وكذلكَ تكافؤِ كلِّ عنصرٍ أوْ شحنتِهِ.

لذا، يُمكِنُ كتابةُ الصيغةِ الكيميائيةِ لمُركَّبٍ ما؛ أيونيٍّ، أوْ جزيئيٍّ، باتِّباعِ الخطواتِ الآتيةِ مُرتَّبةً:

1. كتابةُ اسمِ المُركَّبِ باللغةِ العربيةِ.
2. كتابةُ رموزِ العناصرِ التي يتكوَّنُ منْها المُركَّبُ تحتَ اسمِ كلِّ عنصرٍ.
3. كتابةُ التكافؤِ أسفلَ كلِّ رمزٍ.
4. استبدالُ التكافؤِ لأحدِ الرمزيْنِ بالآخرِ.
5. حـذفُ التكافؤِ في حـالِ تساويها. أمّا إذا كانَ بينَها قاسمٌ مشتركٌ فتجبُ القسمةُ على الرقمِ الأصغرِ للحصولِ على أبسطِ قيمةٍ عدديةٍ صحيحةٍ.
6. كتابةُ صيغةِ المُركَّبِ النهائيةِ.

المثالُ 1

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ أكسيدِ الألمنيومِ.

الحلُّ:

1. اسمُ المُركَّبِ: أكسيدُ الألمنيومِ.
2. رمزُ كلِّ عنصرٍ: O Al
3. التكافؤُ: 2 3
4. استبدالُ التكافؤِ لأحدِ الرمزيْنِ بالآخرِ: O Al 2 3
5. لا يوجدُ قاسمٌ مشتركٌ؛ ما يعني أنَّ هذهِ الأرقامَ تُمثِّلُ أبسطَ نسبةٍ عدديةٍ صحيحةٍ.
6. صيغةُ المُركَّبِ النهائيةُ: Al_2O_3.

المثالُ 2

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ ثاني أكسيدِ الكربونِ.

الحلُّ:

1. اسمُ المُركَّبِ: ثاني أكسيدِ الكربونِ.
2. رمزُ كلِّ عنصرٍ: O C
3. التكافؤُ: 2 4
4. استبدالُ التكافؤِ لأحدِ الرمزيْنِ بالآخرِ: O C 2 4
5. القسمةُ على الرقمِ الأصغرِ، وهوَ في هذهِ الحالـةِ (2)؛ للحصولِ على أبسطِ قيمـةٍ عدديةٍ صحيحةٍ.
6. صيغةُ المُركَّبِ النهائيةُ: CO_2.

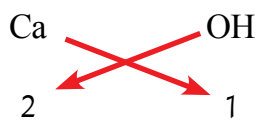
المثالُ 3

لكتابةِ الصيغِ الكيميائيةِ للمُركَّباتِ التي تحوي المجموعاتِ الأيونيةَ، تُستخدَمُ الطريقةُ السابقةُ نفسُها.

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ.

الحلُّ:

1. اسمُ المُركَّبِ: هيدروكسيدُ الكالسيومِ.
2. رمزُ كلِّ عنصرٍ: Ca OH
3. التكافؤُ: 2 1
4. استبدالُ التكافؤِ لأحدِ الرمزيْنِ بالآخرِ:



5. صيغةُ المُركَّبِ النهائيةُ: $Ca(OH)_2$.

منَ المُلاحَظِ أنَّ مجموعةَ الهيدروكسيدِ قدْ وُضِعَتْ داخلَ قوسيْنِ؛ لأنَّ الرقمَ 2 يشيرُ إلى عددِ مجموعاتِ OH في المُركَّبِ، ولكنْ إذا وُضِعَتِ الصيغةُ على شكلِ $CaOH_2$، فإنَّ الرقمَ 2 سيشيرُ إلى عددِ ذرّاتِ الهيدروجينِ فقطْ، وهذا خطأٌ.

أمّا إذا كانَ للعنصرِ أكثرُ منْ تكافؤٍ فتُستخدَمُ أرقامٌ خاصةٌ للتمييزِ بينَها، تُسمّى الأرقامَ اللاتينيةَ (I, II, III). فمثلًا، للحديدِ Fe أكثرُ منْ تكافؤٍ (2 وَ 3)؛ لذا يُكتَبُ الرقمُ اللاتينيُّ الذي يدلُّ على عددِ تكافُئِهِ بعدَ اسمِ المُركَّبِ. فمثلًا، أكسيدُ الحديدِ (II) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديدِ في هذا المُركَّبِ هو (2)، وأكسيدُ الحديدِ (III) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديدِ في هذا المُركَّبِ هو (3).

✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ:

- كبريتاتُ الصوديومِ.
- فوسفاتُ الكالسيومِ.
- نتريدُ المغنيسيومِ.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ الخصائصَ الفيزيائيةَ لكلٍّ منَ الموادِّ الأيونيةِ، والتساهميةِ، والفلزِّيةِ.

2. **أُصنِّفُ** الموادَّ الآتيةَ إلى موادَّ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ وأُخرى غيرِ موصلةٍ:

- حبيباتُ السُّكَّرِ الصُّلْبِ.
- مصهورُ KCl.
- ملحُ $MgCl_2$ الصُّلْبُ.
- فلزُّ Al.
- محلولُ NaCl.

3. **أُقارِنُ** بينَ الموادِّ الأيونيةِ والتساهميةِ والفلزِّيةِ، كما في الجدولِ الآتي:

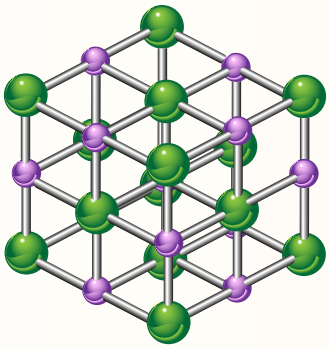
المادةُ	نوعُ الرابطةِ	التوصيلُ الكهربائيُّ	
		الصُّلْبُ	المصهورُ
الأيونيةُ			
التساهميةُ			
الفلزِّيةُ			

4. **السببُ والنتيجةُ:** لماذا يصعبُ الفصلُ بينَ الأيوناتِ السالبةِ والأيوناتِ الموجبةِ في البلّورةِ الأيونيةِ؟

5. **أتوقّعُ** تكافؤ كلٍّ منَ المجموعتيْنِ: NH_4 وَ CrO_4 في المُركَّبِ الآتي: $(NH_4)_2CrO_4$؟

6. أجرى الطلبةُ مجموعة من التجاربِ باستخدامِ مُركّبينِ كيميائِيّيْن(A , B) لمعرفةِ التوصيلِ الكهربائيّ لكُلٍّ منهُما في الحالةِ الصُّلبَةِ وفي حالةِ المَحلولِ، وكانت نتائِجُ التجاربِ كما يأتي:

المُركّبُ	التوصيلُ الكهربائيُّ	
	الحالةُ الصُّلبةُ	حالةُ المحلولِ
A	X	√
B	X	X



أ. **أصوغُ فرضيّةً** حولَ العلاقةِ بينَ المُركّبِ الأَيونيّ والتوصيلِ الكَهربائيّ.

ب. **أتوقّعُ:** أيُّ المُركّبينِ (A أم B) له درجةُ الغليانِ الأَعلى؟ أبرر إجابتي.

جـ. **أستنتجُ:** أيُّ المُركّبينِ (A أم B) يُمثّلُ الأنموذجَ الآتي في الحالةِ الصُّلبة؟ أُبرِّرُ إجابتي.

السبائكُ Alloys

الفلزّاتُ النقيةُ ليِّنةٌ جدًّا، ونشطةٌ كيميائيًّا؛ لذا، فهيَ تتآكلُ عندَ تفاعلِها معَ الموادِّ الأُخرى، ويتطلَّبُ استخدامُها في أغراضٍ مُعيَّنةٍ إضافةَ عنصرٍ أوْ عناصرَ أُخرى إلى العنصرِ الأصليِّ بنسبٍ مُحدَّدةٍ لتحسينِ خصائصِهِ التي فقَدَها، فينتجُ ما يُسمّى السبائكَ Alloys ؛ وهيَ خليطٌ منْ فلزٍّ وعنصرٍ آخرَ -على الأقلِّ- قدْ يكونُ فلزًّا أوْ لافلزًّا.

سِكَّةُ حديدٍ مصنوعةٌ منْ سبائكِ الفولاذِ والمنغنيزِ.

تمتازُ السبائكُ بصفاتٍ فريدةٍ، مثلِ: القُوَّةِ، والمتانةِ، وخِفَّةِ الوزنِ، وتحمُّلِ درجاتِ الحرارةِ العاليةِ؛ ما يجعلُها أهلًا لاستخداماتٍ عِدَّةٍ مُتنوِّعةٍ. ومنَ الأمثلةِ عليْها سبيكةُ الفولاذِ والمنغنيزِ التي تتكوَّنُ منْ فلزِّ الحديدِ مضافًا إليْهِ عنصرُ المنغنيزِ بنسبةٍ تُقدَّرُ بنحوِ 13%، وهيَ تُستخدَمُ في صناعةِ آلاتِ الحفرِ، والسِّكَكِ الحديديةِ؛ لأنَّها تتحمَّلُ درجاتِ الحرارةِ العاليةِ.

منَ الأمثلةِ عليْها أيضًا سبيكةُ الفولاذِ (الحديدُ الصُّلْبُ) التي تُصنَّعُ بإضافةِ نسبٍ مُحدَّدةٍ منَ الكربونِ إلى الحديدِ ليصبحَ أكثرَ قُوَّةً وصلابةً، وغيرَ قابلٍ للصدأ، وهيَ تُستخدَمُ في أعمالِ البناءِ.

بوجهٍ عامٍّ، فإنَّ السبائكَ أكثرُ قُوَّةً وصلابةً منْ فلزّاتِها الأساسيةِ؛ ما جعلَها تُستخدَمُ في كثيرٍ منَ مجالاتِ الحياةِ.

أبحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أبحثُ عنْ خصائصِ السبائكِ الآتيةِ واستعمالاتِها: الستانلس ستيل Steel Stanles، البرونزُ Bronze، سبيكةُ النحاسِ والنيكلِ Copper - Nickel، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْها، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ الزملاءِ/ الزّميلاتِ في الصفِّ.

1. أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:

1. نوعُ الرابطةِ في مُركَّبِ كلوريدِ الليثيومِ هيَ:
أ . تساهميةٌ أحاديةٌ.
ب . تساهميةٌ ثنائيةٌ.
جـ . أيونيةٌ.
د . فلزِّيةٌ.

2. نوعُ الرابطةِ بينَ ذرّاتِ عنصرِ الصوديومِ Na هيَ:
أ . تساهميةٌ أحاديةٌ.
ب . تساهميةٌ ثنائيةٌ.
جـ . أيونيةٌ.
د . فلزِّيةٌ.

3. واحدةٌ منَ الصيغِ الكيميائيةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ أيونيَّةٍ:
أ . CO.
ب . H_2O.
جـ . MgO.
د . HCl.

4. واحدةٌ منَ الصيغِ الكيميائيةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ تساهميةٍ ثلاثيةٍ:
أ . N_2.
ب . O_2.
جـ . H_2.
د . Cl_2.

5. الصيغةُ الكيميائيةُ لمُركَّبِ نتراتِ الكالسيومِ، هيَ:
أ . $CaNO_3$.
ب . $Ca(NO_3)_2$.
جـ . Ca_2NO_3.
د . $Ca_2(NO_3)_2$.

6. عددُ روابطِ سيجما σ وروابطِ باي π في الصيغةِ: $CH_3CH = CH_2$، هوَ:
أ . 3 σ ، 2 π.
ب . 5σ ، 2 π.
جـ . 8σ ، 1 π.
د . 9 σ ، 1 π

7. عندَ اتحادِ ذرّاتِ عنصرِ X الذي عددُهُ الذرِّيُّ (7) معَ ذرّاتِ عنصرِ Y الذي عددُهُ الذرِّيُّ (17)، فإنَّ صيغةَ الجزيءِ الناتجِ هيَ:
أ . XY_7.
ب . X_3Y.
جـ . XY_3.
د . X_7Y.

8. إحدى الآتيةِ ليسَتْ منْ خصائصِ المُركَّباتِ الأيونيةِ:
أ . ذائبيتُها في الماءِ عاليةٌ.
ب . موصلةٌ للكهرباءِ في حالةِ المحلولِ.
جـ . درجةُ غليانِها مرتفعةٌ.
د . مُتطايِرةٌ.

9. المادةُ الموصلةُ للتيارِ الكهربائيِّ في الحالةِ الصُّلبةِ، هيَ:
أ . Mg.
ب . NaCl.
جـ . CH_4.
د . He.

10. إذا كانَ فرقُ السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ كبيرًا جدًا وفقًا لمقياسِ باولنج، فإنَّ الرابطةَ المُتوقَّعةَ هيَ:
أ . فلزيةٌ.
ب . أيونيةٌ.
جـ . تساهميةٌ أحاديةٌ.
د . تساهميةٌ ثلاثيةٌ.

11. إذا كانَ التمثيلُ النقطيُّ لعنصرٍ هوَ ($\cdot\underset{\cdot}{\overset{\cdot}{X}}:$)، فإنَّ العددَ الذرِّيَّ للعنصرِ هوَ:
أ . 3.
ب . 5.
جـ . 13.
د . 15.

2. أُوضِّحُ المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:

الرابطةُ الأيونيةُ، الرابطةُ التساهميةُ، الرابطةُ الفلزِّيةُ، التكافؤُ.

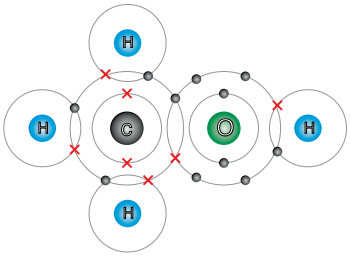
3. **أُقارنُ** بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ من حيثُ الخصائصُ المذكورةُ في الجدولِ الآتي:

الخاصيةُ	المُركَّباتُ الأيونيةُ	المُركَّباتُ التساهميةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ.		
الذائبيةُ في الماءِ.		
توصيلُ الكهرباءِ في الحالةِ الصُّلْبةِ.		
توصيلُ الكهرباءِ في حالةِ المحلولِ.		

4. أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ:

نتراتُ الأمونيومِ، هيدروكسيدُ الحديدِ (II)، كبريتاتُ الكالسيومِ.

5. **أُفسِّرُ البياناتِ:** أدرسُ جيدًا الشكلَ الآتيَ الذي يُمثِّلُ جزيءَ الميثانولِ CH_3OH، ثمَّ أُجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليهِ:



أ . أُبيِّنُ عددَ إلكتروناتِ التكافؤِ لكلٍّ منْ ذرَّتَي O وَ C.

ب. أُحدِّدُ نوعَ الروابطِ التساهميةِ المُتكوِّنةِ في هذا الجزيءِ.

6. **أستنتجُ:** العناصرَ الافتراضيةَ الآتيةَ متتاليةً كما يأتي:

زيادةُ العددِ الذرِّيِّ →

A B C D E

إذا كانَ العنصرُ B في مُركَّباتِهِ أيونًا أحاديًّا سالبًا، فما نوعُ الرابطةِ التي تنشأُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ:

أ . A معَ B.

ب. B معَ D.

جـ. B بعضُها معَ بعضٍ.

د . E بعضُها معَ بعضٍ.

7. **أستنتجُ:** أيُّ الموادِّ الآتيةِ: (Al, CH_4, KCl, C_2H_2, C_2H_4) تُعَدُّ مثالًا على مادةٍ:

أ . توصلُ التيارَ الكهربائيَّ وهيَ في الحالةِ الصُّلْبةِ؟

ب . توصلُ التيارَ الكهربائيَّ وهيَ في حالةِ المحلولِ؟

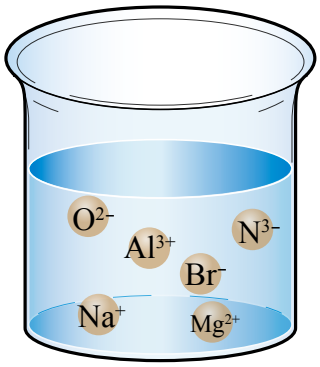
جـ . قابلةٍ للطَّرْقِ والسَّحْبِ؟

د . روابطُها تساهميةٌ أحاديةٌ؟

هـ . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثنائيةً؟

و . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثلاثيةً؟

8. **أستنتجُ** أتفحَّصُ الأيوناتِ في الكأسِ الزجاجيةِ، ثمَّ أحدِّدُ أكبرَ عددٍ منَ المُركَّباتِ التي قدْ تتكوَّنُ منْ هذهِ الأيوناتِ في حالِ تبخرِ الماءِ



مسردُ المصطلحاتِ

- **أعدادُ الكَمِّ Quantum Numbers:** الأعدادُ الثلاثةُ الّتي نتجَتْ مِنْ حَلِّ معادلةِ شرودنجر الرياضيةِ، وهِيَ أعدادُ الكَمِّ: الرئيسُ، والفرعيُّ، والمغناطيسيُّ، وأضيفَ إليها عددُ كَمٍّ رابعٌ هُوَ عددُ الكَمِّ المغزليُّ.
- **التردُّدُ Frequency (v):** عددُ الموجاتِ التي تمرُّ بنقطةٍ في ثانيةٍ، ويقاسُ بالهيرتز (Hz).
- **التوزيعُ الإلكترونيُّ Electronic Configuration:** عمليةُ ترتيبِ الإلكتروناتِ في الذرَّةِ وفقَ مستوياتِ الطاقةِ المُختلِفةِ.
- **الذرَّةُ المثارةُ Atom Exited:** ذرَّةُ العنصرِ التي امتصَّتْ كمِّيةَ الطاقةِ؛ ما أدّى إلى انتقالِ أحدِ إلكتروناتِها (أوْ أكثرَ) منَ المستوى الموجودِ فيهِ إلى مستوًى أعلى منَ الطاقةِ.
- **الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond:** قُوَّةُ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond:** الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشاركِ ذرَّتيْنِ في زوجٍ واحدٍ منَ الإلكتروناتِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond:** الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشاركِ ذرَّتيْنِ في زوجيْنِ منَ الإلكتروناتِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ Triple Covalent Bond:** الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشاركِ ذرَّتيْنِ في ثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ.
- **السالبيةُ الكهربائيةُ Electronegativity:** قدرةُ الذرَّةِ على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ نحوها عندَ ارتباطِها بذرَّةٍ أُخرى.
- **شحنةُ النواةِ الفعّالةُ Effective Nuclear Charge:** مقدارُ شحنةِ النواةِ الفعليةِ التي تُؤثِّرُ في إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ.
- **الصيغُ الكيميائيةُ Chemical Structure:** طريقةٌ موجزةٌ للتعبيرِ عنْ نسبِ الذرّاتِ ونوعِها، التي يتكوَّنُ منْها المُركَّبُ الكيميائيُّ.
- **طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy:** الحدُّ الأدنى منَ الطاقةِ اللازمةِ لنزعِ الإلكترونِ الأبعدِ عنِ النواةِ في الحالةِ الغازيةِ للذرَّةِ أوِ الأيونِ.
- **طولُ الموجةِ Wavelength (λ):** المسافةُ الفاصلةُ بينَ قِمَّتيْنِ متتاليتَينِ، أوْ قاعَينِ متتاليَينِ، وبوجهٍ عامٍّ، فإنَّ المسافةَ بَيْنَ أَيِّ نقطتَينِ متناظرتَينِ ومتتاليتَينِ تساوي الطولَ الموجيَّ، ويقاسُ بالمترِ، أوِ النانومترِ.
- **طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ Line Emission Spectrum:** مجموعةٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ للضوءِ الصادرِ

عنْ ذرّاتِ العنصرِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ فيها إلى حالةِ الاستقرارِ، تظهرُ في صورةِ مجموعةٍ منَ الألوانِ المتباعدةِ التي تظهرُ في منطقةِ الطيفِ المرئيِّ.

- **الطيفُ الذرِّيُّ Atomic Spectrum**: الطيفُ الصادرُ عَنْ ذرّاتِ العناصرِ المُثارةِ في الحالةِ الغازيةِ.
- **الطيفُ المتصلُ Continuous Spectrum**: مجموعةُ الأطوالِ الموجيةِ التي تظهرُ في صورةِ مجموعةٍ منَ الألوانِ المتتابعةِ المتداخلةِ (قوسُ المطرِ) التي يتكوَّنُ منْها الضوءُ العاديُّ.
- **الطيفُ المرئيُّ Visible Spectrum**: حزمةٌ ضيِّقةٌ منَ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ يُمكِنُ تمييزُها بالعينِ، وتتراوحُ أطوالُها الموجيةُ بينَ 350 نانومترًا وَ 800 نانومترٍ.
- **الطيفُ غيرُ المرئيِّ Invisible Spectrum**: الأطوالُ الموجيةُ التي يتألَّفُ منْها الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ، ويقلُّ طولُها الموجيُّ عنْ 350 نانومترًا، ويزيدُ على 800 نانومترٍ، ولا يُمكِنُ تمييزُها بالعينِ.
- **العناصرُ الممثلةُ The Representative Elements**: مجموعةٌ منَ العناصرِ تضمُّ عناصرَ المجموعاتِ ذواتِ الأرقامِ (18 - 13، 2، 1) في الجدولِ الدوريِّ، وينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ s، أوِ المستوى الفرعيِّ p.
- **العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements**: عناصرُ تقعُ في وسطِ الجدولِ الدوريِّ، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في توزيعِها الإلكترونيِّ إلى المستوى الفرعيِّ d أوْ f
- **الفَلَكُ Orbital**: منطقةٌ فراغيةٌ حولَ النواةِ، يكونُ فيها احتمالُ وجودِ الإلكتروناتِ أكبرَ ما يُمكِنُ.
- **قاعدةُ هوند Hund's Rule**: توزُّعُ الإلكتروناتِ بصورةٍ منفردةٍ على أفلاكِ المستوى الفرعيِّ الواحدِ في اتجاهِ الغزلِ نفسِهِ، ثمَّ إضافةُ ما تبقّى منْ إلكتروناتٍ إلى الأفلاكِ في اتجاهٍ مغزليٍّ معاكسٍ.
- **الكَمُّ Quantum**: مقدارٌ مُحدَّدٌ منَ الطاقةِ ينبعثُ منَ الذرَّةِ المثارةِ؛ نتيجةَ انتقالِ الإلكترونِ فيها منْ مستوى طاقةٍ أعلى إلى مستوى طاقةٍ أقلَّ، على نحوٍ يُوافِقُ فرقَ الطاقةِ بينَ المستويَيْنِ.
- **مبدأُ أوفباو Aufbau**: امتلاءُ الأفلاكِ بالإلكتروناتِ وفقًا لتزايدِ طاقاتِها، بحيثُ تُوزَّعُ الإلكتروناتُ أولًا في أدنى مستوًى للطاقةِ، ثمَّ تُملَأُ المستوياتُ العليا للطاقةِ.
- **المُركَّباتُ الأيونيةُ Ionic Compounds**: مُركباتٌ تنشأُ عنْ تجاذبِ الأيوناتِ الموجبةِ والسالبةِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ.
- **المُركَّباتُ الجزيئيةُ Molecular Compounds**: المُركَّباتُ الناتجةُ منْ تشاركِ ذرّاتِ العناصرِ اللافلزِّيةِ في زوجٍ أوْ أكثرَ من الإلكتروناتِ.
- **نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius**: نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ متجاورتيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ.