المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

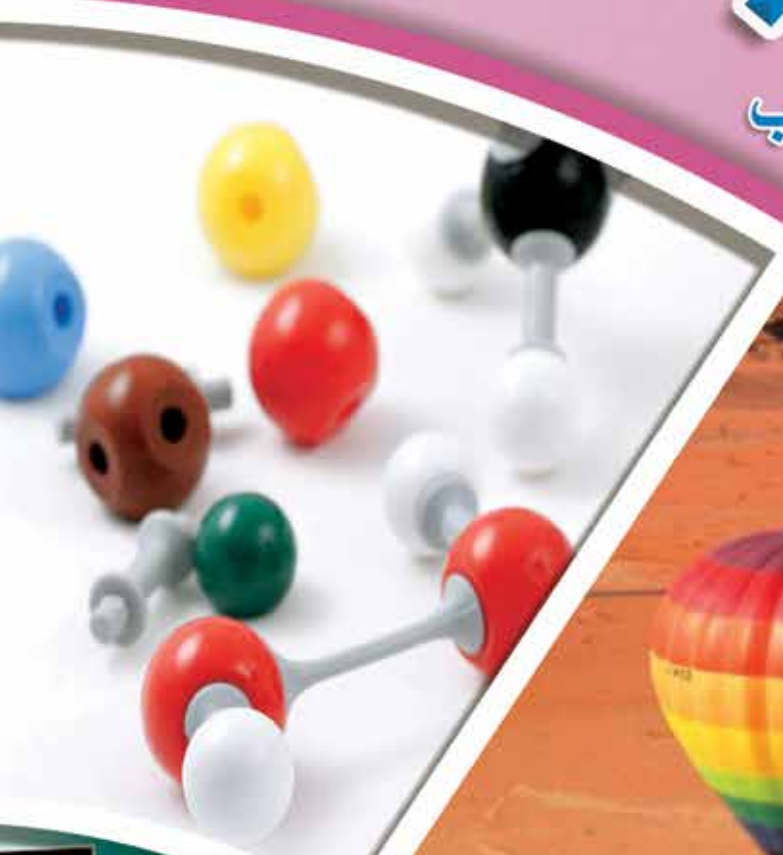
المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

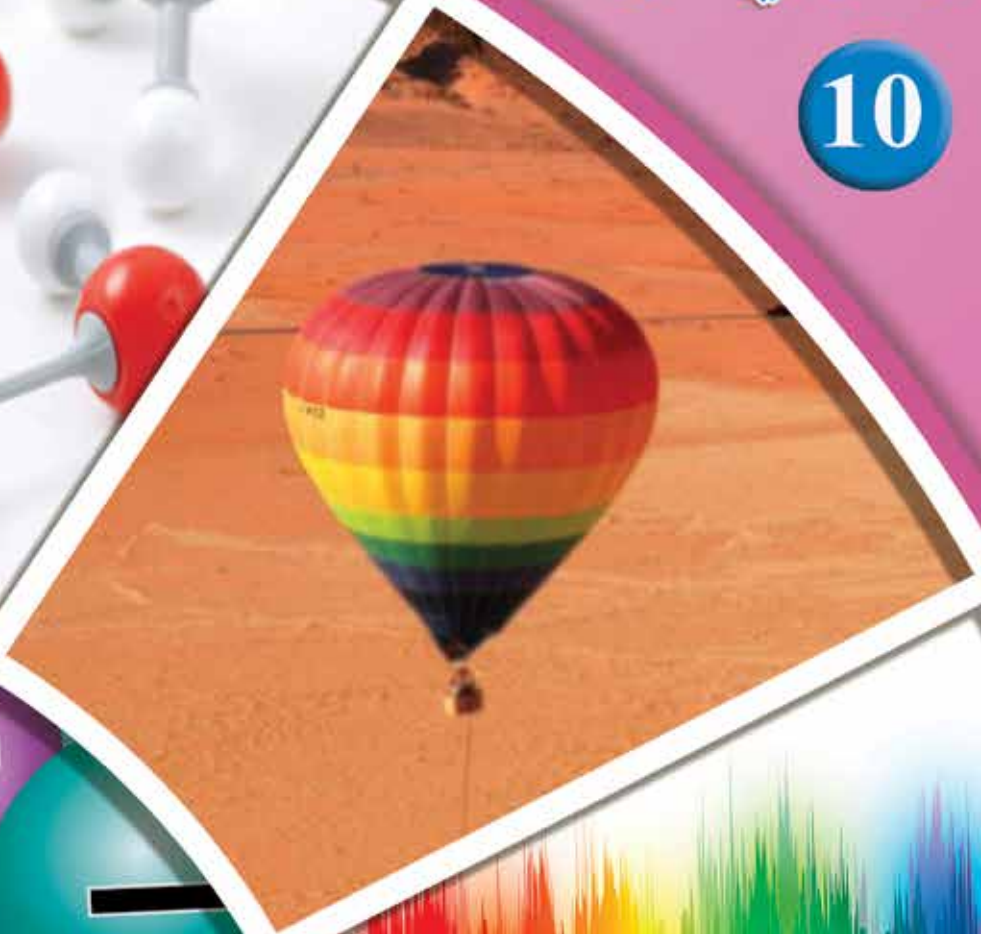
الكيمياء

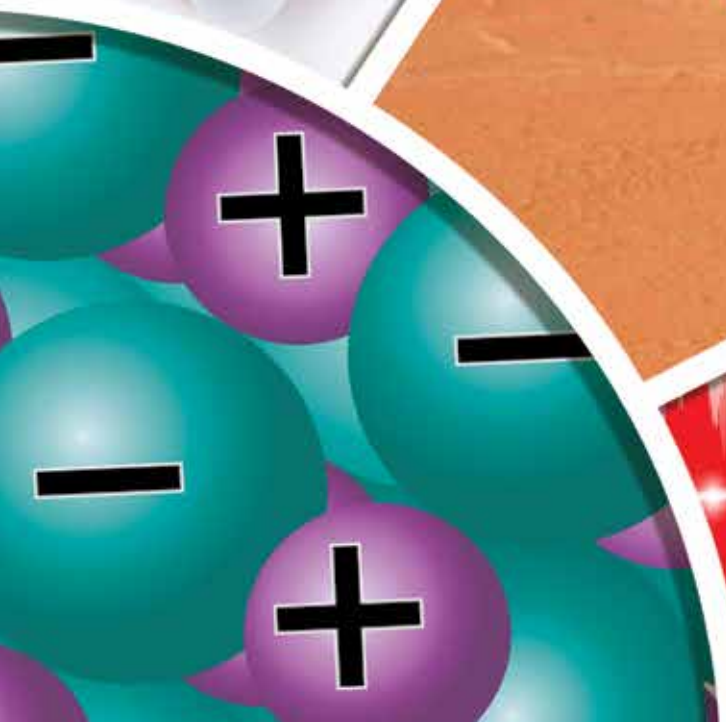
الصف العاشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

10







المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الكيمياء

الصف العاشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

10

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

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

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج 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

قـرَّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتـاب في مدارس المملكـة الأردنية الهاشـمية جميعها، بنـاءً على قـرار المجلس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطويـر المناهج في جلسـته رقـم (2020/3)، تاريـخ 2020/6/2 م، وقـرار مجلس التربيـة والتعليم رقـم (2020/41)، تاريـخ 2020/6/18 م، بدءًا مـن العام الـدراسي 2020 / 2021 م.

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

ISBN: 978 - 9923 - 41 -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
أعيدت طباعته 2021 م – 2023 م

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 26

مراجعةُ الوحدةِ 27

الوحدةُ الثانيةُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ **29**

تجربةٌ استهلاليةٌ: نمذجةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ 31

الدرسُ الأولُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ 32

الدرسُ الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ 44

الإثراءُ والتوسعُ: مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ 55

مراجعةُ الوحدةِ 56

الوحدةُ الثالثةُ: المُركَّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ **59**

تجربةٌ استهلاليةٌ: الروابطُ في المُركَّباتِ التساهميةِ 61

الدرسُ الأولُ: الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها 62

الدرسُ الثاني: الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ 70

الإثراءُ والتوسعُ: السبائكُ 82

مراجعةُ الوحدةِ 83

مسردُ المصطلحاتِ 86

قائمةُ المراجعِ 89

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

انطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني وتسليحه بالعلم والمعرفة، سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، 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، ومُعتزٍّ -في الوقت نفسه- بانتمائه الوطني. وتأسيسًا على ذلك، فقد اعتُمِدت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطالب الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر له 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

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.

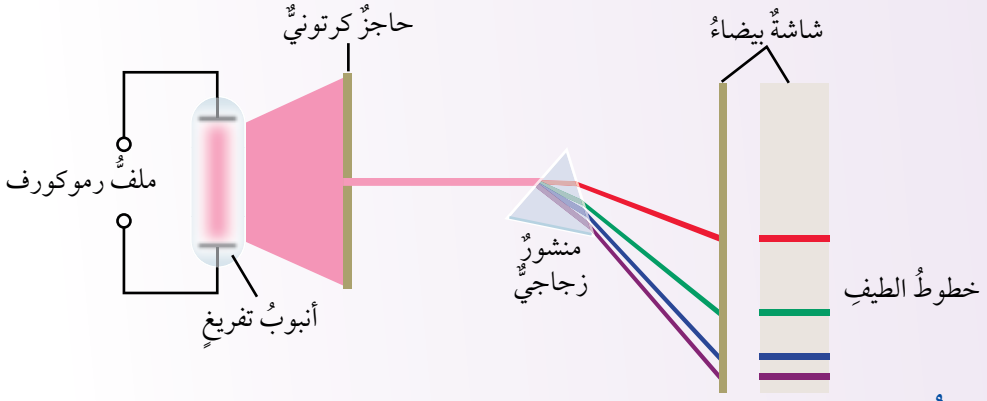
الطيفُ الذرِّيُّ

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

إرشاداتُ السلامةِ: الحذرُ عندَ استعمالِ ملفِّ رموكورف؛ 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 رموكورف.



التحليلُ والاستنتاجُ:

1 – أُفسِّرُ 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.
- أوضّحُ أهمَّ فروضِ نظريةِ بور لذرّةِ الهيدروجينِ.
- أحسبُ طاقةَ المستوياتِ وفقَ نظريّةِ بور.

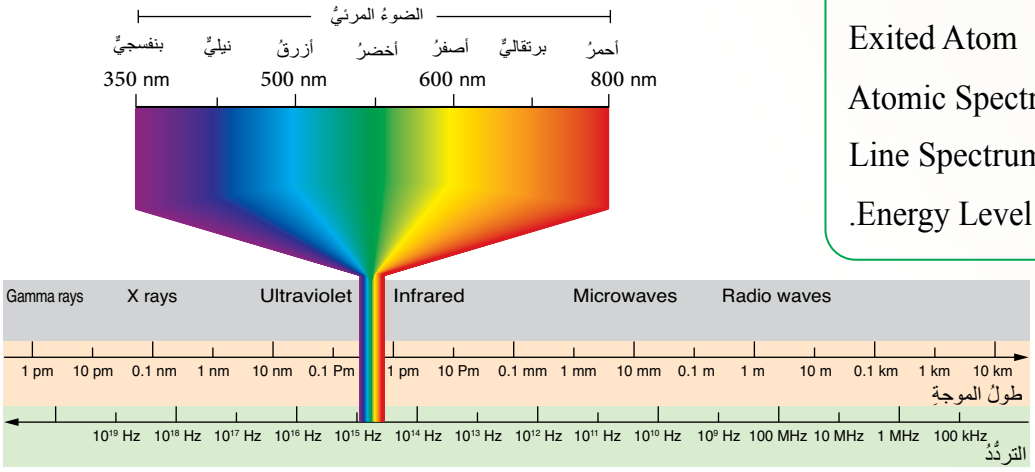
المفاهيمُ والمصطلحاتُ :
الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum
الطيف المرئي Visible Spectrum
الطيفُ المتصلُ Continuous Spectrum
الطيف غير المرئي Invisible Spectrum
الكَمُّ Quantum
طولُ الموجةِ Wavelength
التردُّدُ Frequency
الذرَّةُ المثارةُ Exited Atom
الطّيفُ الذرّيُّ Atomic Spectrum
الطيفُ 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)، وبعضُ 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.



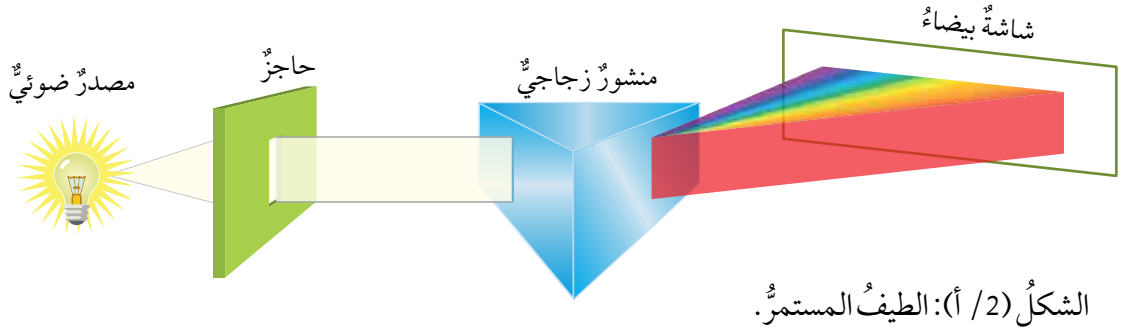
الشكلُ (1): الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ.

ينقسمُ الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ إلى قسميْنِ، هما:

الطيفُ المرئيُّ Visible Spectrum: يُمثِّلُ هذا الطيفُ الضوءَ العاديَّ (ضوءُ الشمسِ) الذي نشاهدُهُ في الفضاءِ، ويُمكِنُ للعينِ تمييزُهُ، وهوَ مدًى ضيِّقٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ في الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ، يتراوحُ بينَ 350 نانومترًا وَ 800 نانومترٍ، ويظهرُ عندَ تحليلِ الضوءِ العاديِّ أوْ ضوءِ الشمسِ خلالَ منشورٍ زجاجيٍّ 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، وأمواجِ الميكروويفِ التي تُستخدَمُ في تسخينِ الطعامِ وطهيِهِ، وتلكَ التي يقلُّ طولُها عنْ 350 نانومترًا، وتقعُ فوقَ الضوءِ البنفسجيِّ، مثلَ الأشعةِ السينيةِ التي يستخدمُها الأطباءُ في تصويرِ أجزاءِ الجسمِ، مثلِ: العظامِ، وبعضِ أجزائِهِ الداخليةِ (التصويرُ الملونُ).

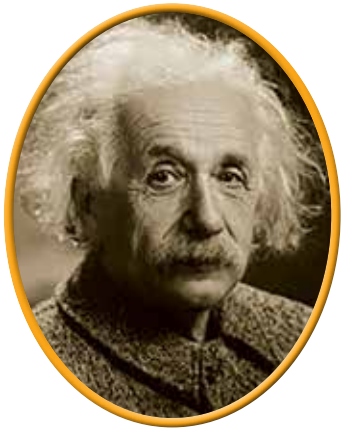


الشكلُ (2/ أ): الطيفُ المستمرُّ.

أُفسِّرُ سببَ تحلُّلِ الضوءِ بعدَ خروجِهِ منَ المنشورِ.

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 **الكَمّ 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.



العالِمُ ألبرت آينشتاين.

$$E = h\nu$$

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 طولُ موجتِهِ، وأنَّهُ يُمكِنُ التعبيرُ عنْ ذلكَ بالعلاقةِ الآتيةِ:

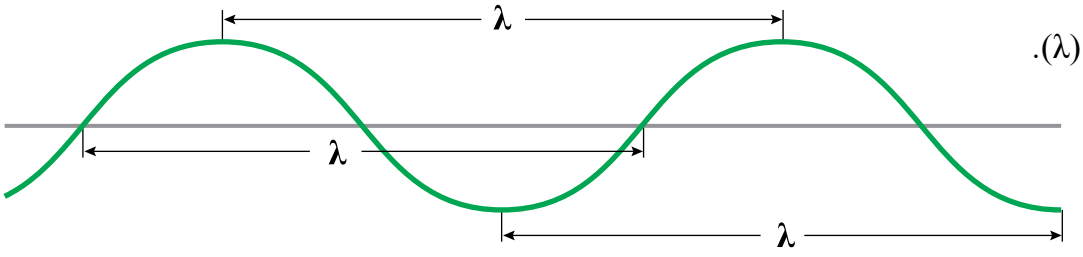
$$c = \lambda\nu$$

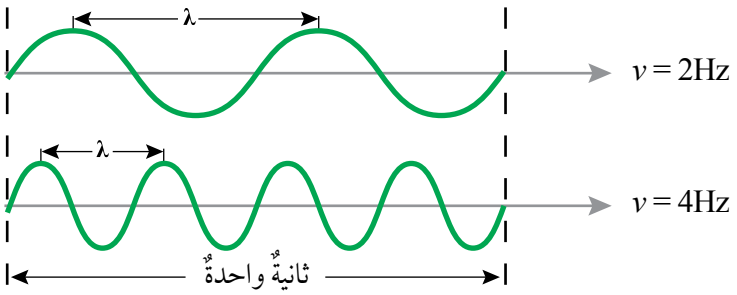
حيثُ:

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

طولُ الموجةِ Wavelength (λ): المسافةُ الفاصلةُ بينَ قِمَّتَيْنِ متتاليتَيْنِ، أوْ قاعيْنِ متتاليَيْنِ، وبوجهٍ عامٍّ، فإنَّ المسافةَ بَيْنَ أيِّ نقطتَينِ متناظرتَينِ ومتتاليتَينِ تساوي الطولَ الموجيَّ، وهيَ تُقاسُ بالمترِ، أوِ النانومترِ. والشكلُ (3) يُبيِّنُ طولَ الموجةِ.

الشكلُ (3):
طولُ الموجةِ (λ).





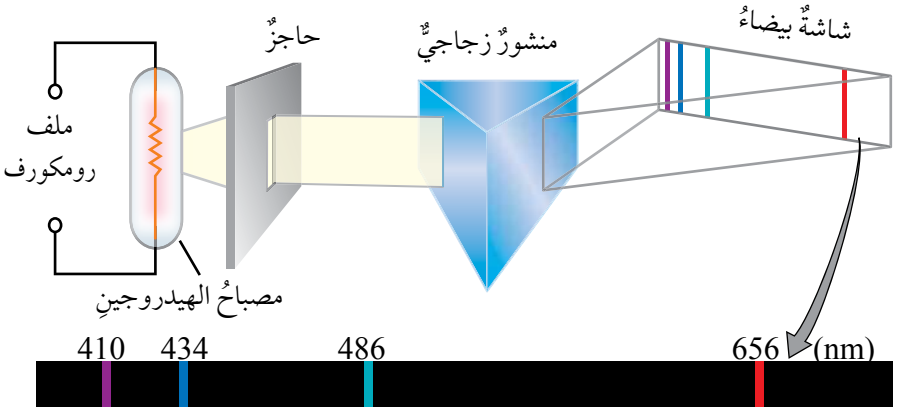
الشكلُ (4): التردُّدُ، وعلاقتُهُ بطولِ الموجةِ.

أُقارِنُ: أيُّهُما أطولُ: الموجةُ الأولى أَمِ الموجةُ الثانيةُ؟

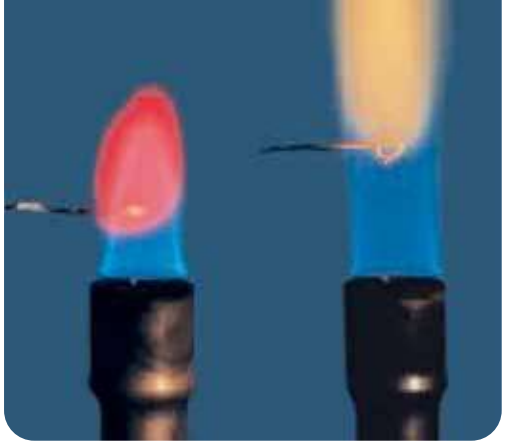
التردُّدُ Frequency (ν): عددُ الموجاتِ التي تمرُّ بنقطةٍ في ثانيةٍ، وهوَ يقاسُ بالهيرتز (Hz)، ويتناسبُ عكسيًّا معَ طولِ الموجةِ. والشكلُ (4) يُبيِّنُ التردُّدَ، وعلاقتَهُ بطولِ الموجةِ.

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 أمواجٍ ضوئيةٍ. عندَ تحليلِ الضوءِ الصادرِ عنِ الذرّاتِ المثارةِ، مثلِ ضوءِ مصباحِ الصوديومِ، أَوْ 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 الذرِّيِّ 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 (المنفصلُ) الناتجُ منْ تحليلِ ضوءِ مصباحِ الهيدروجينِ.



الشكلُ (6): لونُ لهبِ بعضِ العناصرِ .

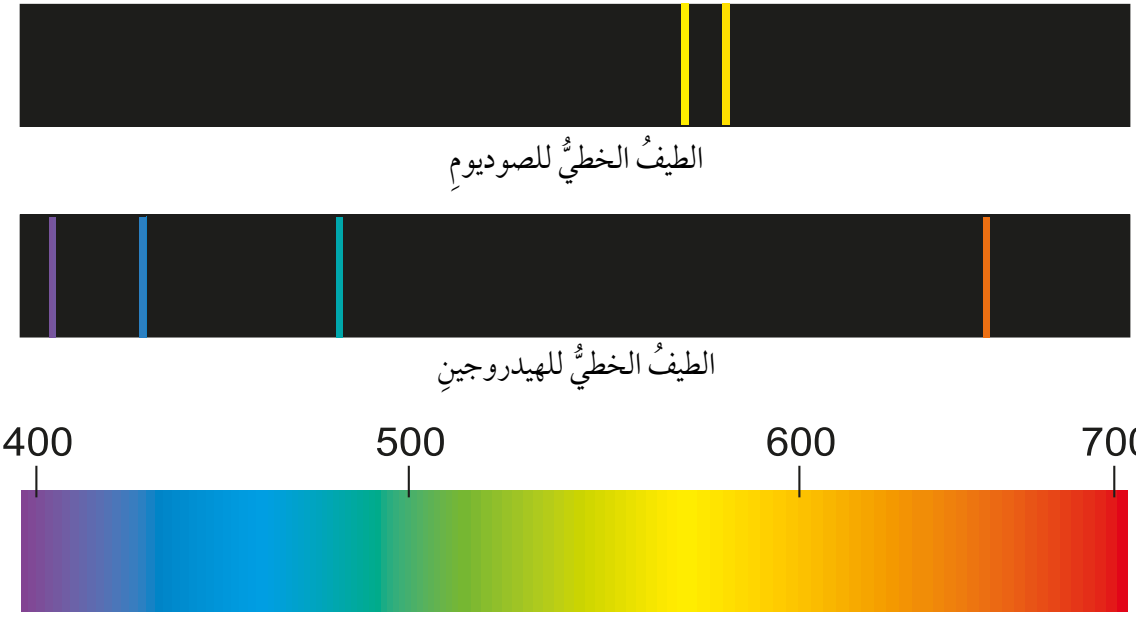
الرَّبطُ بالحياة

صاعِقُ الناموسِ والحَشَرات.

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

ولكن، هَلْ تتشابهُ الأطيافُ الخطّيّةُ للعناصرِ المختلفةِ؟

تتحوّلُ ذرّاتُ العنصرِ إلى ذراتٍ مُثارةٍ عندَما تكتسبُ طاقةً، على شكلِ إشعاعاتٍ ذاتِ تردّداتٍ وَأطوالٍ موجيةٍ محدّدةٍ، ثُمَّ لا تلبثُ أَنْ تشعَّ هذهِ الطاقةُ عَلى شكلِ ضوءٍ ذي لونٍ محدّدٍ؛ فمثلًا، يُظهرُ أيونُ الصوديومِ ضوءًا لونُهُ أصفرُ، ويُظهرُ أيونُ الليثيومِ ضوءًا لونُهُ أحمرُ، أنظرُ الشكلَ (6). وعندَ تحليلِ الضوءِ الصادرِ عَنْ ذرّاتِ العناصرِ المُثارةِ يَظهرُ طيفُ الانبعاثِ الخطّيِّ، ويكونُ على شكلِ خطوطٍ ملونةٍ متباعدةٍ لكلٍّ منها طولُ موجةٍ وتردّدٌ محدد يختلفُ باختلافِ العنصرِ، إذ إنَّ لكلِّ عنصرٍ طيفَ انبعاثٍ خطّيًّا مميزًا (مثلَ بصمةِ إصبعِ الإنسانِ)، أنظرُ الشكلَ (7).



الطيفُ الخطيُّ للصوديومِ

الطيفُ الخطيُّ للهيدروجينِ

الشكلُ (7): الطيفُ الخطيُّ لذرّاتِ بعضِ العناصرِ .

يُـذكَرُ أنَّ الطيفَ الـذرِّيَّ يُستخدَمُ على نـطاقٍ واسـعٍ فـي التحاليلِ الكيميائيـةِ لتـعرُّفِ العناصرِ المُكوِّنـةِ للمُركَّبـاتِ والمـوادِّ المختلفـةِ، وكذلكَ في مجـالِ التحاليلِ الطبيةِ، والصناعيـةِ، والزراعيـةِ، وغيـرِها، وهوَ يُعَدُّ الأساسَ الذي قامَتْ عليْهِ نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ.

أفكِّرُ: لماذا يختـلفُ الطيـفُ الذرِّيُّ منْ عنصرٍ إلى آخرَ؟

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

التجربةُ 1

اختلافُ لونِ اللّهبِ الصادرِ عَنْ ذرّاتِ العناصرِ المُختلِفةِ

الموادُّ والأدواتُ: كلوريدُ الصوديومِ، كلوريدُ الليثيومِ، كلوريدُ البوتاسيومِ، كلوريدُ الكالسيومِ، كلوريدُ 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 قليلةً منْ أحدِ الأملاحِ.

2- أُشعِلُ موقدَ بنسن، ثمَّ أتركُـهُ قريبًا منْ مكـانِ تنفيذِ الإجراءاتِ.

3- **أُجرِّبُ، أُطبِّقُ.** أغمسُ سلكَ البـلاتينِ في محلولِ حمضِ الهيدروكلوريـكِ لتنظيفِهِ منْ أيِّ عوالقَ، ثـمَّ أضعُهُ على اللهبِ بضعَ ثوانٍ.

4- **أُجرِّبُ، أُطبِّقُ.** أغمسُ سلكَ البلاتينِ في الماءِ المُقطَّرِ، ثمَّ أغمسُهُ في كلوريـدِ الصوديومِ ليلتقطَ بعضَ الملحِ.

5- **أُلاحِـظُ.** أضعُ سلكَ البلاتينِ على اللهبِ لحرقِ الملحِ، فيظهرُ لونُ 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 اللهبِ في كلِّ مَرَّةٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- **أفسر** اختلافَ لونِ اللّهبِ منْ عنصرٍ إلى آخرَ في المُركَّبـاتِ السابقةِ؟

2- اعتمادًا على ألـوانِ الطيـفِ المرئـيِّ، **أستنتجُ** العلاقةَ بيـنَ لونِ اللهبِ وطاقتِهِ؟

فرضياتُ نظريةِ بور Bohr's Postulates Theory

تَمكَّنَ العالِمُ رذرفورد منْ وضعِ نموذجٍ لتفسيرِ بِنيةِ الذرَّةِ، أشارَ فيهِ إلى أنَّ الذرَّةَ تتكوَّنُ منْ نواةٍ موجبةِ الشحنةِ، تتركَّزُ فيها معظمُ كتلةِ الذرَّةِ، وتدورُ حولَها الإلكتروناتُ السالبةُ في مساراتٍ دائريةٍ؛ ما يجعلُ الذرَّةَ مُتعادِلةَ الشحنةِ الكهربائيةِ.

أسهمَتِ القوانينُ والنظرياتُ الفيزيائيةُ في إظهارِ قُصورِ هذا النموذجِ؛ 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:

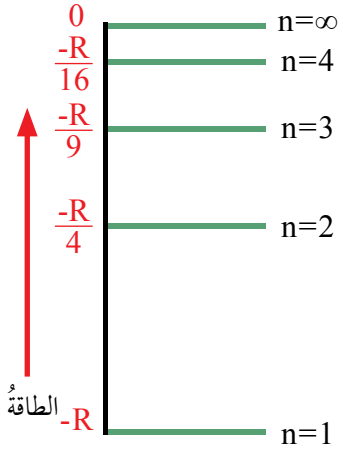
$$E_n = \frac{-R_H}{n^2}$$

حيثُ:

E_n: طاقةُ المستوى، وتُقاسُ 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.

أستنتجُ العلاقةَ بينَ رقمِ المستوى الرئيسِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ وفرقِ الطاقةِ بينَ المستوياتِ.

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

a – اكتسابُ إلكترونِ ذرَّةِ الهيدروجينِ الموجودِ في المستوى الأولِ مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ؛ ما يسمحُ لهُ بالانتقالِ منَ المستوى الذي يوجدُ فيهِ إلى مستوى طاقةٍ أعلى.

b – انبعاثُ الضوءِ منَ الذرَّةِ في صورةِ وحداتٍ منَ الطاقةِ (الكَمُّ) تُسمّى الفوتوناتِ، وذلكَ عندَ انتقالِ الإلكترونِ منْ مستوى طاقةٍ أعلى إلى مستوى طاقةٍ أقلَّ؛ ما يؤدي إلى نشوءِ طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ.

وبهذا تَمكَّنَ بور منْ تفسيرِ الطيفِ الخطِّيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ؛ إذْ يكونُ فيها الإلكترونُ –في حالةِ الاستقرارِ– في مستوى الطاقةِ الأدنى (n=1)، ثمَّ يقفزُ إلى مستوى طاقةٍ أعلى عندَ اكتسابِهِ مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ، فتصبحُ الذرَّةُ في حالةِ عدمِ استقرارٍ، وتوصَفُ بأنَّها ذرَّةٌ مثارةٌ، ولكنْ سرعانَ ما يعودُ الإلكترونُ إلى حالةِ الاستقرارِ منْ جديدٍ؛ بفقْدِهِ مقاديرَ مُحدَّدةً منَ الطاقةِ (الفوتوناتُ) على شكلِ إشعاعاتٍ ضوئيةٍ، لكلٍّ منْها طولُ موجةٍ خاصٌّ بهِ.

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

العالِمُ نيلز بور.

أبحَثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ فروضِ نظريّةِ بورِ لذرةِ الهيدروجينِ، وحساباتِ الطاقةِ المرتبطةِ بها، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنْ ذلكَ باستخدامِ برنامجِ movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِ.

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

حيثُ:

n_2: المستوى الذي انتقلَ إليْهِ الإلكترونُ.

n_1: المستوى الذي انتقلَ منْهُ الإلكترونُ.

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

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

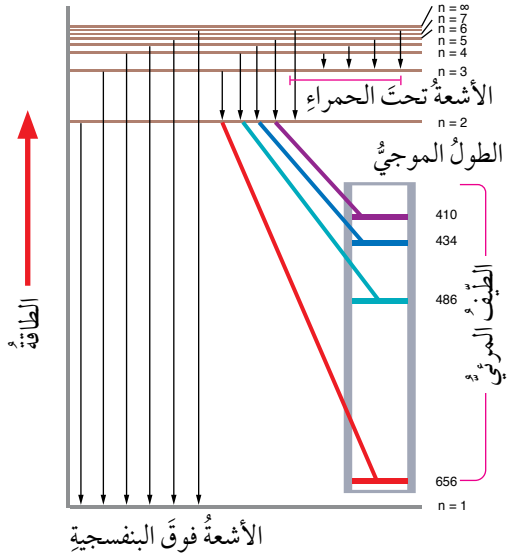
بحيثُ يكونُ:

n_1: مستوى الطاقةِ الأقلُّ.

n_2: مستوى الطاقةِ الأعلى.

الشكلُ (9):
خطوطُ الطيفِ المُنبعِثةُ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ.

أفكـرُ: مـا عـددُ خطـوطِ الطيـفِ الناتجـةِ عنـدَ عودةِ إلكتـرونِ ذرَّةِ الهيدروجيـنِ مـن المسـتوى السـادسِ إلـى المسـتوى الأولِ؟



يُبيِّنُ الشكلُ (9) خطوطَ الطيفِ الناتجةَ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى السادسِ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ، ويُلاحَظُ أنَّ بعضَ هذهِ الخطوطِ تقعُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ، وأنَّ بعضَها الآخرَ يقعُ في منطقةِ الطيفِ غيرِ المرئيِّ، تبعًا لطاقتِهِ، وطولِ موجتِهِ.

أتحقَّقُ:

1- أحسُبُ طاقةَ كلٍّ منَ المستوى الأولِ، والثاني، واللانهائيِّ (∞) في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

2- تحفيزٌ: ما تردُّدُ الضوءِ المُنبعِثِ منْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ في المستوى الرابعِ عندَ عودتِها إلى حالةِ الاستقرارِ؟

المثالُ ١

أحسُبُ طاقةَ المستوى الرابعِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ في الشكلِ (9).

الحلُّ:

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

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

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

المثالُ 2

أحسُبُ طاقةَ الإشعاعِ المُنبعِثةَ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى الرابعِ إلى المستوى الأولِ.

الحلُّ:

$n_1=1 \quad , \quad n_2=4$

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

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

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

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

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ**: ما الأُسُسُ التي اعتمدَ عليْها بور في بناءِ نظريتِهِ لتفسيرِ طيفِ الهيدروجينِ؟ ما فروضُ هذهِ النظريةِ؟

2 – **أُصنِّفُ** الأمواجَ الضوئيةَ الآتيةَ إلى طيفٍ مرئيٍّ، وآخرَ غيرِ مرئيٍّ:

- الأشعةُ تحتَ الحمراءِ.
- أمواجُ الراديو.
- الضوءُ الأصفرُ.
- الأشعةُ فوقَ البنفسجيةِ.
- الأشعةُ الزرقاءُ.

3 – أُوضِّحُ: ما المقصودُ بالطيفِ الذرِّيِّ؟

4 – أُجيبُ عمّا يأتي:

أ – **أحسُبُ** طاقةَ موجةِ الضوءِ المُنبعِثةَ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى الخامسِ إلى المستوى الثالثِ.

ب– **أستنتج** موقعَ هذا الخطِّ ضمنَ طيفِ ذرَّةِ الهيدروجينِ في الشكلِ (9).

5 – **أستنتجُ**: إذا كانَتْ طاقةُ الإشعاعِ المُنبعِثةُ منْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ عندَ عودتِها إلى حالةِ الاستقرارِ ($1.93 \times 10^{-18}\ J$)، فما رقمُ مستوى الطاقةِ الأعلى؟

النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ
The Wave mechanical model of the atom

الدرسُ 2

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
المعادلةُ الموجيةُ Wave Equation
أعدادُ الكَمِّ Quantum Numbers
مبدأُ الاستبعادِ لباولي
Pauli Exclusion Principle

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 توصَّلَ العالِمُ الفرنسيُّ دي برولي De Broglie إلى وجودِ خصائصَ مزدوجةٍ للإلكترونِ (موجيةٌ-ماديةٌ)، ثمَّ 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 (10).

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 (10): 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، وتكونُ قيمُهُ صحيحةً موجبةً (n=1,2,3,4....∞). 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)؟

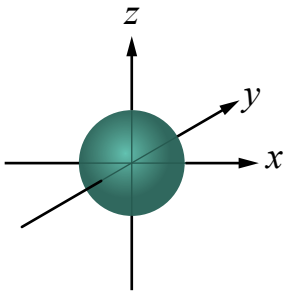
عددُ الكَمِّ الفرعيُّ Lateral Quantum Number (ℓ)

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).

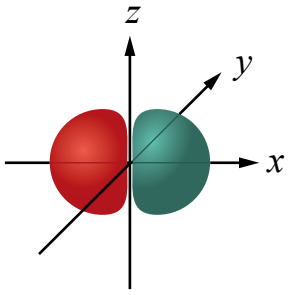
يأخذُ عددُ الكَمِّ الفرعيِّ (ℓ) قيمًا تتراوحُ بينَ 0 وَ (n-1)؛ فقيمةُ (ℓ) للمستوياتِ الفرعيةِ الآتيةِ هيَ: (s=0)، (p=1)، (d=2)، (f=3).

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 (11/ أ، ب، جـ) أشكالَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ: (d, p, s).

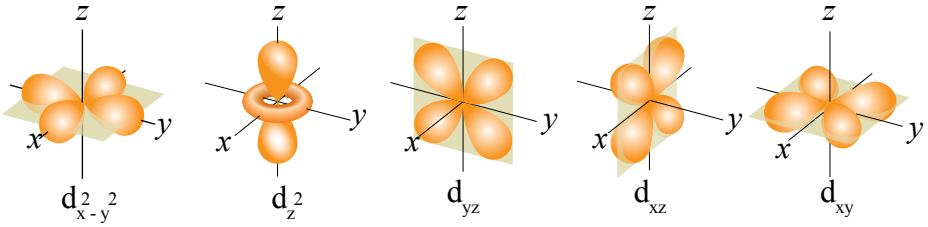
الشكلُ (11): أشكالُ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ.



أ – شكلُ الفَلَكِ (s).



ب – شكلُ الفَلَكِ (p).



جـ – شكلُ الفَلَكِ (d).

عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ (mℓ) Magnetic Quantum Number

يشيرُ عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ إلى أنَّ المستوى الفرعيَّ يتكوَّنُ منْ أفـلاكٍ؛ فالمستوى الفرعـيُّ (s) يتكـوَّنُ منْ فَـلكٍ واحـدٍ، والمستوى الفرعيُّ (p) يتكـوَّنُ منْ ثـلاثةِ 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 للفَلكِ؛ 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 (12) الاتجاهَ الفراغيَّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p) الثلاثةِ (p_x ,p_y,p_z) المُتعامِدةِ.

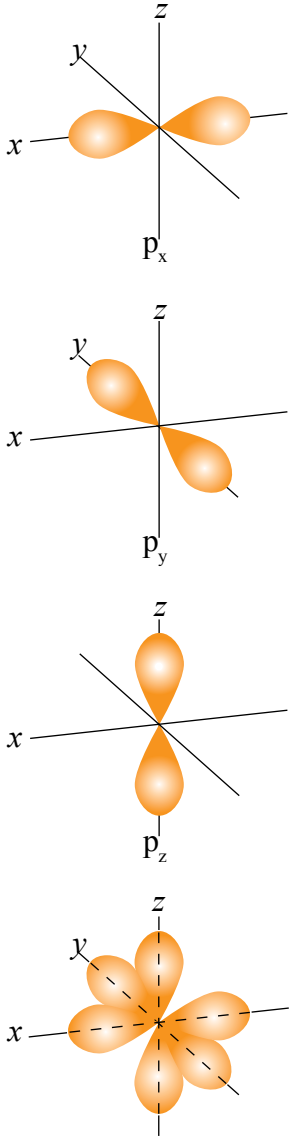
يأخذُ عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ (mℓ) قيمًا منْ (-ℓ ← 0 ← +ℓ)؛ فالمستوى الفرعيُّ (s) يتكوَّنُ منْ فَلكٍ واحدٍ لهُ قيمةٌ كَمِّيَّةٌ واحدةٌ (0)، والمستوى الفرعيُّ (p) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ أفلاكٍ (p_x ,p_y,p_z) قيمُها الكَمِّيَّةُ: (-1,0,+1) والمستوى الفرعيُّ (d) يتكوَّنُ منْ خمسةِ أفلاكٍ قيمُها الكَمِّيَّةُ: (-2, -1,0,+1,+2)، والمستوى الفرعيُّ (f) يتكوَّنُ منْ سبعةِ أفلاكٍ قيمُها الكَمِّيَّةُ: (-3, -2, -1,0,+1,+2,+3).

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

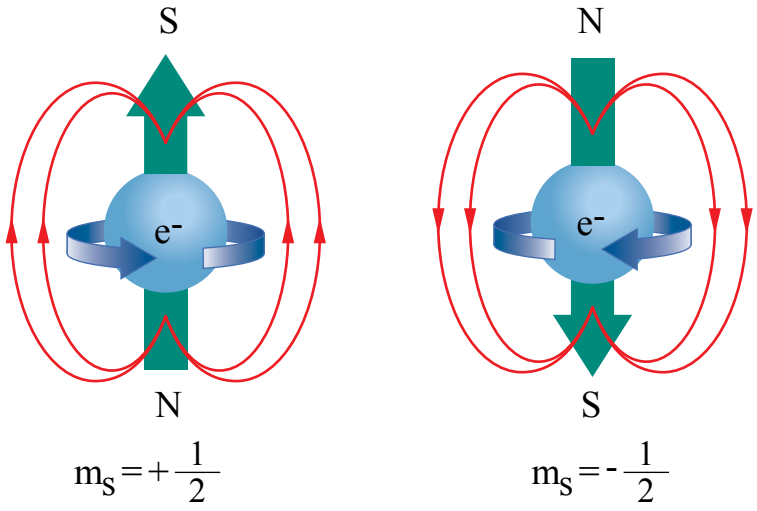
عددُ الأفلاكِ في المستوى الرئيسِ= n^2.

✓ **أتحقَّقُ:** ما عـددُ الأفـلاكِ في المستوى الرئيسِ المُكوَّنِ منْ ثلاثـةِ مستوياتٍ فرعيةٍ؟

الشكلُ (12): الاتجاهُ الفراغيُّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p).



أفلاكُ (p) مُجتمِعةً.



الشكلُ (13): الدورانُ المغزليُّ للإلكترونِ.

أُفسِّرُ سببَ ظهورِ الخطوطِ المنحنيةِ الحمراءِ في الشكلِ، واختلافِ اتجاهِها.

عددُ الكَمِّ المغزليُّ (m_s) Spin Quantum Number

يوجدُ عددُ كَمٍّ رابعٌ، اقترحَ العلماءُ إضافتَهُ 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 الفَلكِ نفسِهِ، فإنَّ كلًّا منْهُما سيدورُ حولَ نفسِهِ باتجاهٍ معاكسٍ لدورانِ الإلكترونِ الآخرِ، وينشأُ عنْ ذلكَ تولُّدُ مجاليْنِ مغناطيسييْنِ متعاكسيْنِ في الاتجاهِ، ومتجاذبيْنِ مغناطيسيًّا؛ ما يُقلِّلُ التنافرَ الكهربائيَّ بينَ الإلكترونيْنِ، وهذا يُفسِّرُ سببَ استقرارِ الإلكترونيْنِ في الفَلكِ نفسِهِ بالرغمِ منْ أنَّهُما يحملانِ الشحنةَ نفسَها. ويُبيِّنُ الشكلُ (13) الدورانَ المغزليَّ للإلكترونِ حولَ نفسِهِ.

يأخذُ عددُ الكَمِّ المغزليُّ (m_s) القيمَ الكَمِّيَّةَ ($+\frac{1}{2}$ ، $-\frac{1}{2}$).

العالِمُ باولي.

الجدولُ (1): أعدادُ الكَمِّ الأربعةُ لإلكترونيْنِ في الفَلكِ S.

عددُ الكَمِّ / رقمُ الإلكترونِ	n	ℓ	m_ℓ	m_s
1	1	0	0	+1\2
2	1	0	0	-1\2

الجدولُ (2):	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

أبحَثُ في مصادر المعرفة المناسبة عن النموذج الميكانيكيّ الموجيّ للذرّة وأعداد الكَمِّ الناتجة عنها، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عن ذلك باستخدام برنامج movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّف.

بعدَ تعرُّفِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ، أصبحَ ممكنًا تحديدُ موقعِ الإلكترونِ وفقًا لهذهِ الأرقامِ، واتجاهِها المغزليِّ. ويُبيِّنُ الجدولُ (1) أعدادَ الكَمِّ الأربعةَ لإلكترونيْنِ في الفَلَكِ s.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ (1) أنَّ الإلكترونَينِ يتشابهانِ في ثلاثةِ أعدادِ كَمٍّ (n, l, ml) ويختلفانِ في عددِ الكَمِّ المغزليِّ m_s؛ إذْ لا يوجدُ في الذرَّةِ نفسِها إلكترونانِ لهُما أعدادُ الكَمِّ الأربعةُ نفسُها، وهذا يُعرَفُ باسمِ **مبدأ الاستبعادِ لباولي Pauli Exclusion Principle**، الذي ينصُّ على "عدمِ وجودِ إلكترونيْنِ في الذرَّةِ نفسِها، لهُما نفسُ قيمِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ"؛ إذْ لا بُدَّ أنْ يختلفا في عددِ كَمٍّ واحدٍ على الأقلِّ. بناءً على ذلكَ، يُمكِنُ استنتاجُ أنَّ الفَلَكَ الواحدَ لا يستوعبُ أكثرَ منْ إلكترونيْنِ. أنظرُ الجدولَ (2) الذي يُبيِّنُ السعةَ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ.

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

اعتمادًا على الجدوليْنِ: (1)، وَ(2)، يُمكِنُ استنتاجُ السعةِ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيسُ (n)، ويُعبَّرُ عنْها بالعلاقةِ الآتيةِ:

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

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

✓ **أتحقَّقُ:** ما دلالةُ كلِّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ الرئيسِ، والفرعيِّ، والمغناطيسيِّ، والمغزليِّ؟

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 – **أُفكِّرُ**: هلْ يُمكِنُ لإلكترون ما في الذرَّةِ أنْ يتَّخِذَ أعدادَ الكَمِّ الآتيةَ؟ أُعزِّزُ إجابتي بالدليلِ.

$n = 3 \quad , \quad \ell = 2 \quad , \quad m\ell = -4 \quad , \quad m_s = \frac{-1}{2}$.

الخلايا الكهروضوئيةُ Photoelectric Cells

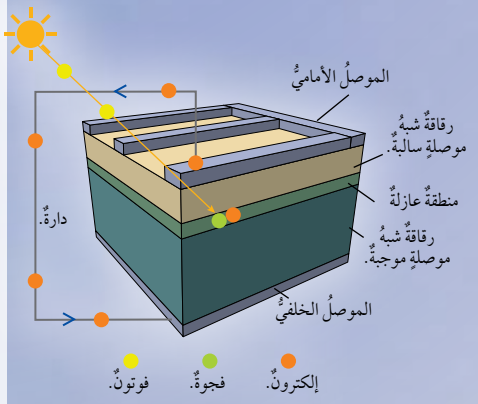
يتزايدُ الطلبُ العالميُّ على الطاقةِ بوتيرةٍ متسارعةٍ نتيجةَ الانفجارِ السكانيِّ والتقدُّمِ التكنولوجيِّ؛ ما يُحتِّمُ على الدولِ أنْ تبحثَ عنْ مصادرَ جديدةٍ للطاقةِ أقلَّ تكلفةٍ. وقدْ تركَّزَ الاهتمامُ على مصادرِ الطاقةِ المُتجدِّدةِ بوصفِها بديلًا مناسبًا لتلكِ الآخِذَةِ بالنفادِ، مثلِ: النفطِ، والغازِ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

تمتصُّ الألواحُ المُكوِّنةُ للخليةِ فوتوناتِ الضوءِ الساقطةَ عليْها؛ ما يُحفِّزُها إلى إطلاقِ الإلكتروناتِ، في ما يُعرَفُ بظاهرةِ التأثيرِ الكهروضوئيِّ، فتتجهُ هذهِ الإلكتروناتُ نحوَ قطبِ الخليةِ السالبِ، في حينِ تتحرَّكُ الأيوناتُ الموجبةُ الناتجةُ إلى طبقةٍ داخليةٍ تُسمّى الفجواتِ الموجبةَ، ثمَّ تتحرَّكُ الإلكتروناتُ منَ القطبِ السالبِ خلالَ موصِلٍ إلى الطبقةِ الموجبةِ؛ ما يُولِّدُ تيارًا كهربائيًّا. ويُمكِنُ التحكُّمُ في فولتيةِ الخليةِ والتيارِ المارِّ بها عنْ طريقِ توصيلِ الخلايا التي يتراوحُ عددُها بينَ (60) وَ (72) على التوالي، أوْ على التوازي.

مشروعُ الطاقةِ في الأردنِّ الأكبرُ إقليميًّا.



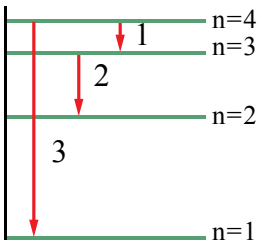
تركيبُ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

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:
الطيفُ الكهرمغناطيسيُّ، طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ، الطيفُ المتصلُ، 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:



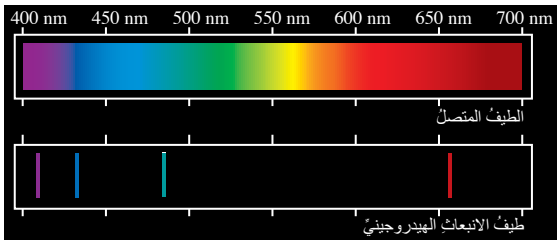
أ . أَجِدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يُمثِّلُها الرقمُ (2).

ب. **أتنبَّأُ** 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. أَجِدُ 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.

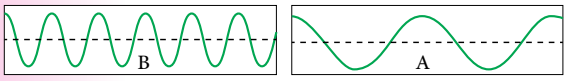
7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عِدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ مُتباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، ومناطقَ واسعةٍ في مُختلِفِ أنحاءِ العالَمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

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

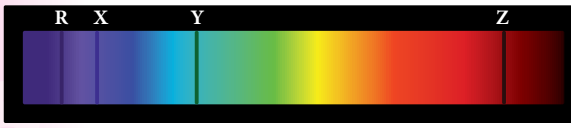
أ . أَجِدُ الطولَ الموجيَّ لكلِّ تردُّدٍ.

ب. أَجِدُ طاقةَ الفوتونِ المحتملةَ لكلِّ تردُّدٍ.

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



8. يهتمُّ علمُ الفَلَكِ بتحليلِ طيفِ الضوءِ الصادرِ عنِ النجومِ لتعرُّفِ مُكوِّناتِها؛ إذْ تظهرُ خطوطُ الامتصاصِ الخطيِّ معتمةً نتيجةَ امتصاصِ الأطوالِ الموجيةِ بوساطةِ الذرّاتِ والجسيماتِ المُعلَّقةِ في جوِّ النجمِ. وبتحليلِ هذهِ الخطوطِ يُمكِنُ تعيينُ العناصرِ الباعثةِ والعناصرِ الماصَّةِ المُكوِّنةِ للنجمِ. يُبيِّنُ المُخطَّطُ الآتي الجزءَ المرئيَّ منَ الطيفِ الكهرمغناطيسيِّ وبعضَ خطوطِ امتصاصِ الهيدروجينِ مُوضَّحةً على الطيفِ.



أدرسُ الشكلَ، ثمَّ أستنتجُ خطَّ الامتصاصِ الذي يُوافِقُ:

أ . الطولَ الموجيَّ الأقصرَ.

ب. الطولَ الموجيَّ الأطولَ.

جـ. التردُّدَ الأعلى.

د . أقلَّ طاقةٍ.

9. 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.

10. 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.

11. عددُ الكَمِّ الرئيسُ لإلكترونِ (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. **أستنتجُ** رمزَ المستوى الفرعيِّ ذي القيمِ الكَمِّيَّةِ المُبيَّنةِ في كلٍّ منَ الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
أ . n= 2 ،ℓ= 0؟
ب . n= 4 ،ℓ= 1؟

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

1. النموذجُ أوِ الافتراضُ الذي يشيرُ إلى وجودِ خصائصَ موجيةٍ للإلكترونِ، هوَ:
أ . آراءُ بلانك وآينشتاين. 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. لا تتماثلُ أفلاكُ (p) الثلاثةُ ضمنَ المستوى الرئيسِ الواحدِ نفسِهِ في إحدى الخصائصِ الآتيةِ:
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. أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي قدْ توجدُ في 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. عندَ امتصاصِ الذرَّةِ للطاقةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ إلى مستوياتِ طاقةٍ أبعدَ عنِ النواةِ، فينشأُ ما يُسمّى:
أ . التفريغَ الكهربائيَّ. ب . الذرَّةَ المثارةَ.
جـ . عمليةَ التأيُّنِ. د . الطيفَ الذرِّيَّ.

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

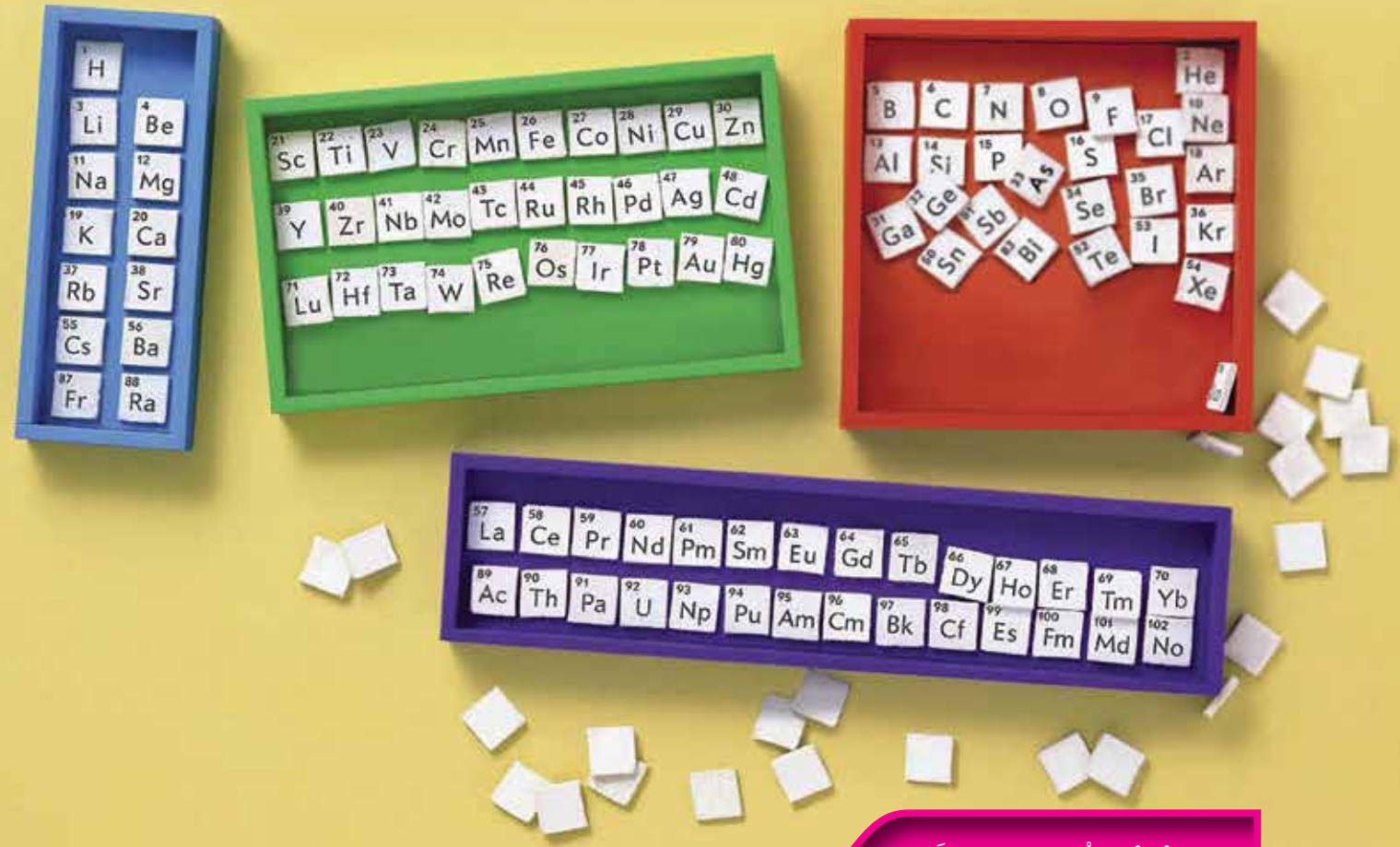
10. الرمزُ الذي يتعارضُ معَ مبدأ باولي، هوَ:
أ . $(4d^{12})$. ب . $(3s^{1})$.
جـ . $(2p^{5})$. د . $(4f^{12})$.

11. عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ لوجودِ إلكترونٍ في المستوى 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:

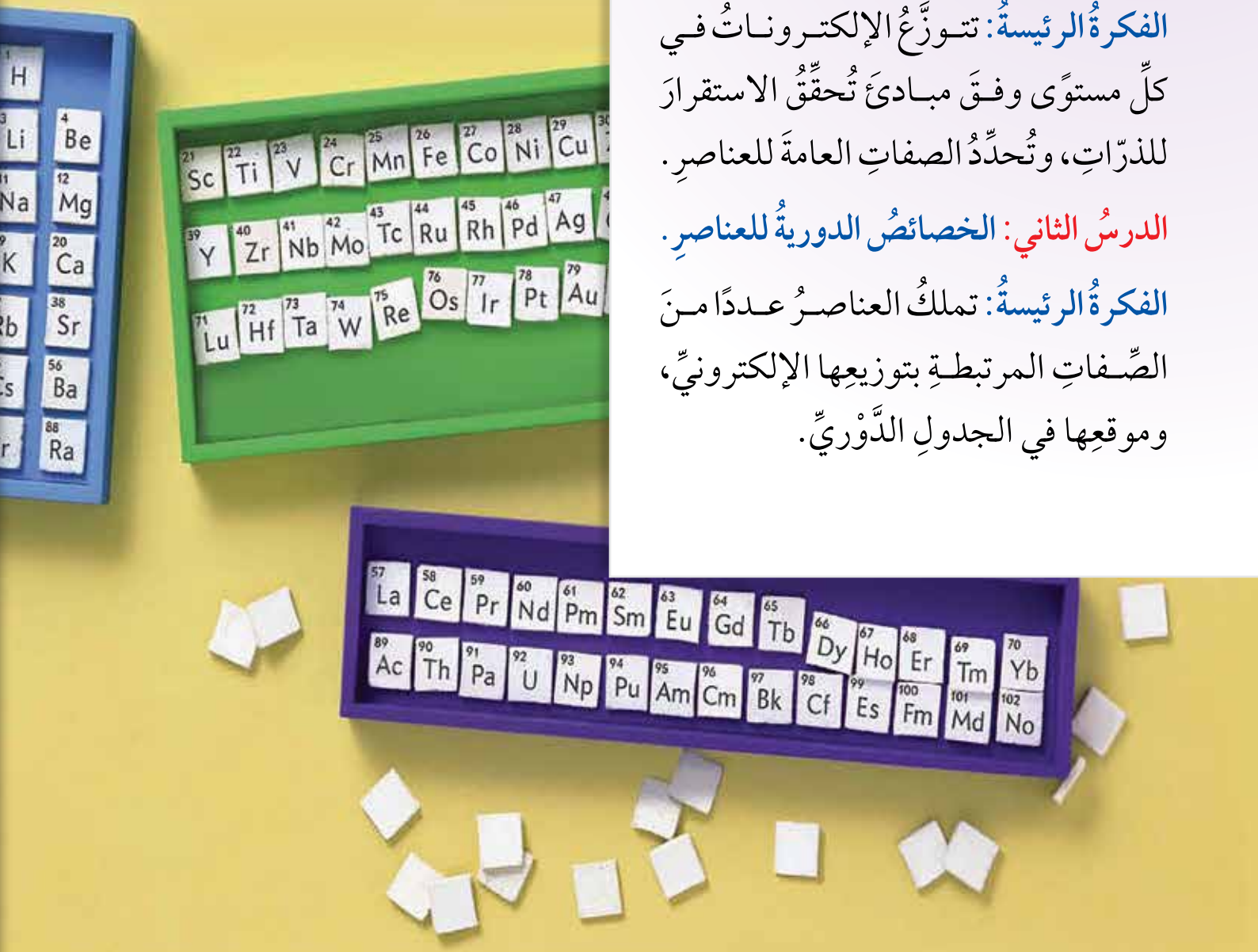
لكلِّ ذرَّةٍ تركيبٌ خاصٌّ بها يُحدِّدُ خصائصَها الفيزيائيةَ والكيميائيةَ.

الدرسُ الأولُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ.

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

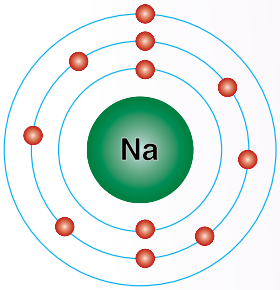
الدرسُ الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ.

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- ما الأُسُسُ التي اعتُمِدَ عليْها في ترتيبِ البطاقاتِ؟

2- أستنتجُ العلاقةَ بينَ رقمِ المستوى الرئيسِ وسعتِهِ منَ الإلكتروناتِ.

3- أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ ورقمِ دورةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.

4- أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ ورقمِ مجموعةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.

5- كيفَ يُمكِنُ تحديدُ موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ؟

التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ
Electronic Configuration

الدرسُ 1

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

نتاجاتُ التعلُّمِ:
أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لمجموعةٍ منَ العناصرِ.
أُحدِّدُ الصفاتِ المُميِّزةَ للعناصرِ بحسبِ توزيعِها.
أُوضِّحُ العلاقةَ بينَ موقعِ العنصرِ، وخصائصِهِ، وصفاتِهِ.

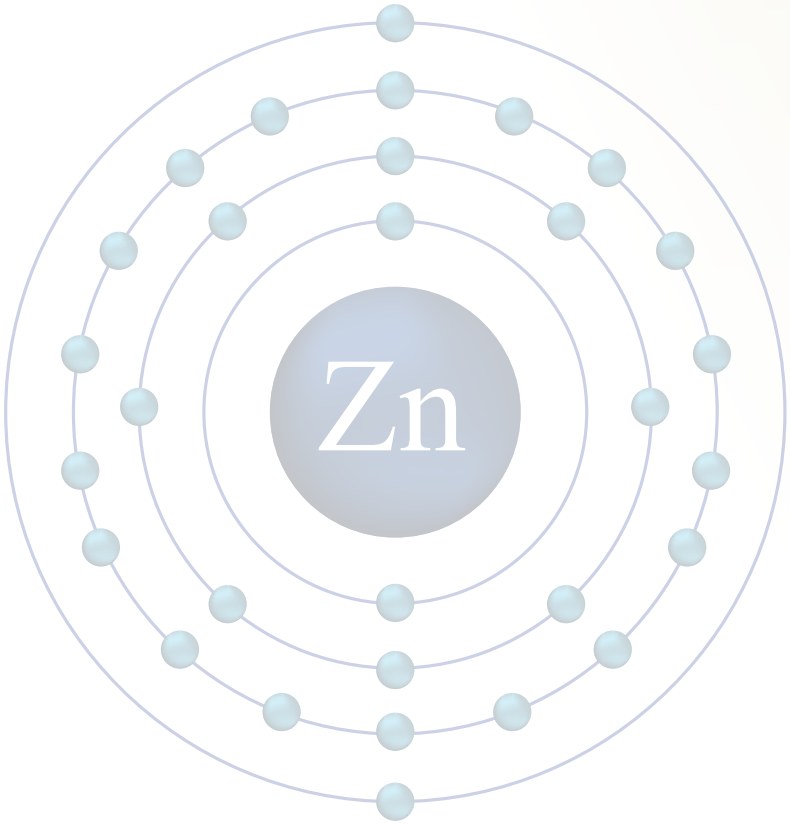
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
التوزيعُ الإلكترونيُّ Electronic Configuration
العددُ الذرِّيُّ Atomic Number
مبدأُ أوفباو Aufbau
قاعدةُ هوند Hund's Rule
العناصرُ الممثلةُ The Representative Elements
العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements
طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy

مبادئُ وقواعدُ التوزيعِ الإلكترونيِّ للذرّاتِ
Principles of Electronic Configuration

تعرَّفْتُ في ما سبقَ أنَّهُ يُمكِنُ وصفُ الإلكترونِ وطاقتِهِ ومُعدَّلِ بُعْدِهِ عنِ النواةِ باستخدامِ أعدادِ الكَمِّ؛ ما يعني أنَّ الإلكتروناتِ تترتَّبُ في الذرَّةِ وفقَ مستوياتِ الطاقةِ المُختلِفةِ، وهوَ ما يُعرَفُ باسمِ **التوزيعِ الإلكترونيِّ** Electronic Configuration.

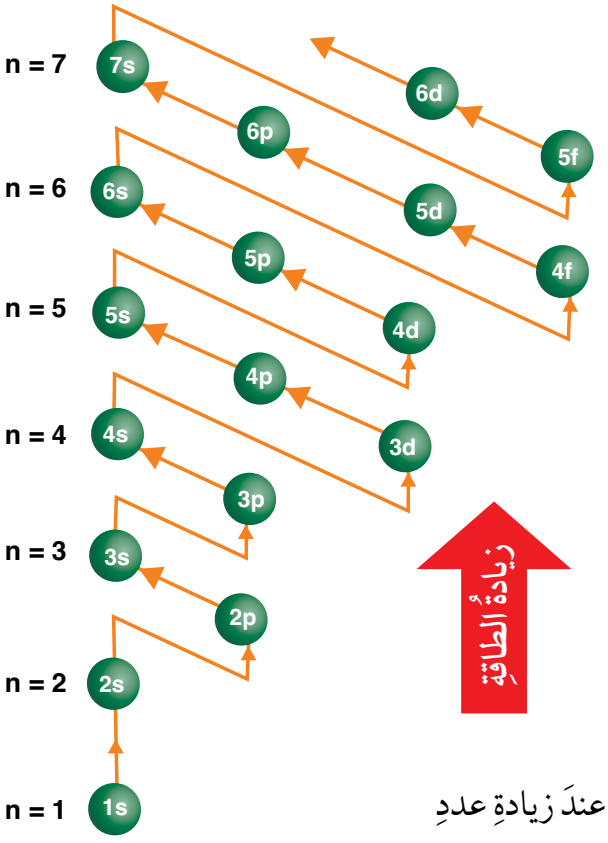
عندَ البدءِ بعمليةِ توزيعِ الإلكتروناتِ على مستوياتِ الطاقةِ يجبُ مراعاةُ عددٍ منَ المبادئِ والقواعدِ التي تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ. فإضافةً إلى مبدأِ الاستبعادِ لباولي، يراعى **العددُ الذرِّيُّ** Atomic Number، وهوَ عددُ البروتوناتِ في نواةِ الذرَّةِ، أوْ عددُ الإلكتروناتِ في الذرَّةِ المُتعادِلةِ.

في ما يأتي أبرزُ المبادئِ والقواعدِ التي يجبُ مراعاتُها في أثناءِ عمليةِ توزيعِ الإلكتروناتِ:



مبدأُ أوفباو للبناءِ التصاعديِّ Aufbau Principle

ينصُّ **مبـدأُ أوفبـاو Aufbau** على "امتـلاءِ الأفلاكِ بالإلكترونـاتِ تبعًـا لتزايـدِ طاقاتِهـا، بحيـثُ تُـوزَّعُ الإلكترونـاتُ أولًا فـي أدنى مسـتوًى للطاقةِ، ثـمَّ تُملأُ المسـتوياتِ العليـا للطاقة". ويُبيِّنُ الشـكلُ (1) ترتيبَ المسـتوياتِ الفرعيةِ تصاعديًّا بحسـبِ طاقـةِ كلٍّ منْها.



الشكلُ (1): ترتيبُ الأفلاكِ بحسبِ الطاقةِ.

كلمةُ أوفباو aufbau ألمانيةُ الأصلِ، وتعني البناءَ التصاعديَّ.

يُلاحَظُ منَ الشكلِ أنَّ طاقةَ المستوياتِ الفرعيةِ تزدادُ عندَ زيادةِ عددِ الكَـمِّ الرئيسِ (n)، وأنَّ المستوياتِ تبدأُ بالتداخلِ بعدَ المستوى الفرعيِّ 3p. بناءً على ذلكَ، يُمكِنُ تحديدُ المستوى الفرعيِّ الأقلِّ طاقةً منْ مجموعِ $(n + \ell)$؛ إذْ تُملَأُ الإلكتروناتُ بالمستوى الفرعيِّ الأقلِّ مجموعًا $(n + \ell)$. فمثلًا، يُلاحَظُ أنَّ المستوى الفرعيَّ 4s يُملَأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 3d؛ لأنَّ مجموعَ القيمِ $(n + \ell)$ لهذا المستوى 4 $(4 + 0 = 4)$، في حينِ أنَّ مجموعَها 5 $(3 + 2 = 5)$ للمستوى 3d.

وفي حالِ كانَ مجموعُ $(n + \ell)$ متساويًا، فإنَّ المستوى الفرعيَّ الأقلَّ طاقةً (الذي سيُملَأُ أولًا) يكونُ الأقلَّ قيمةً (n). فمثلًا، مجموعُ $(n + \ell)$ هوَ 7 لكلٍّ منَ المستوى الفرعيِّ 6p، والمستوى الفرعيِّ 5d، ولكنَّ قيمةَ (n) للمستوى 5d أقلُّ منْها للمستوى 6p؛ لذا يُملَأُ المستوى 5d بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 6p.

يمكنُ تعبئةُ الإلكتروناتِ في مستوياتِ الطاقةِ الفرعيّةِ وَفقَ الترتيبِ الآتي:

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

المثالُ 1

أيُّ المستويَيْنِ الفرعيَيْنِ أقلُّ طاقةً: 5p أمْ 4f؟

الحلُّ:

مجموعُ قيمِ $(n + \ell)$ للمستوى 5p هوَ (6 =1+5)، ومجموعُها للمستوى 4f هوَ (7 =3+4)؛ لذا، فإنَّ المستوى 5p هوَ الأقلُّ طاقةً، ما يعني أنَّهُ سيُملَأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 4f.

المثالُ 2

أيُّ المستويَيْنِ الفرعيَيْنِ أقلُّ طاقةً: 5f أمْ 7p؟

الحلُّ:

مجموعُ قيمِ $(n + \ell)$ للمستوى 5f هوَ (8 =3+5)، وهوَ المجموعُ نفسُهُ للمستوى الفرعيِّ 7p(8 =1+7). ولأنَّ قيمةَ n للمستوى 5f هيَ الأقلُّ؛ فهوَ الأقلُّ طاقةً؛ لذا يُملَأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 7p.

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." وهذا يُوفِّرُ الحدَّ الأدنى منَ الطاقةِ، والقدرَ الأقلَّ منَ التنافرِ بينَ الإلكتروناتِ داخلَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ.

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. تطبَّقُ قاعدةُ هوند أيضًا عندَ توزيعِ الإلكتروناتِ على أفلاكِ المستويَيْنِ الفرعيَيْنِ: d وَ f.

يُحدِّدُ التوزيعُ الإلكترونيُّ -وَفقَ قاعدةِ هوند- عددَ الإلكتروناتِ المنفردةِ في أفلاكِ المستوى الفرعيِّ الواحدِ. فمثلًا، يمتلكُ النتروجينُ $_7N$ ثلاثةَ إلكتروناتٍ منفردةٍ مُوزَّعةٍ على أفلاكِ P ↑ ↑ ↑ _ _ _ ، في حينِ

الخطوةُ 1: ↑ ▢ ▢

الخطوةُ 2: ↑ ↑ ▢

الخطوةُ 3: ↑ ↑ ↑

الخطوةُ 4: ↑↓ ↑ ↑

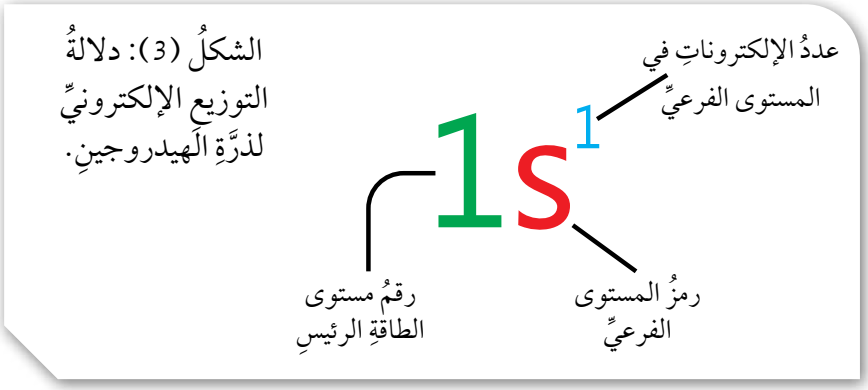
الخطوةُ 5: ↑↓ ↑↓ ↑

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

يمتلكُ الحديدُ $_{26}Fe$ أربعةَ إلكتروناتٍ منفردةٍ تتوزَّعُ على أفلاكِ المستوى d كالآتي:

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

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.



الشكلُ (3): دلالةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

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

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	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

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	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

التوزيعُ الإلكترونيُّ بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ

تمتازُ ذرّاتُ عناصرِ الغازاتِ النبيلةِ بامتلاءِ أفلاكِ مستواها الخارجيِّ بالإلكتروناتِ. ويُبيِّنُ الجدولُ (2) التوزيعَ الإلكترونيَّ لعددٍ منَ الغازاتِ النبيلةِ.

يُستفادُ منْ هذا التوزيعِ في كتابةِ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرّاتِ العناصرِ الأُخرى بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ، وذلكَ باستبدالِ توزيعِ إلكتروناتِ المستوياتِ الداخليةِ ليحلَّ محلَّهُ رمزُ الغازِ النبيلِ الذي يُماثِلُها في التوزيعِ، أنظرُ الجدولَ (3) الذي يُبيِّنُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لعددٍ منْ ذرّاتِ العناصرِ.

✓ أتحقَّقُ:

1. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لسبعةِ إلكتروناتٍ على أفلاكِ d الخمسةِ بحسبِ قاعدةِ هوند، مُحدِّدًا عددَ الإلكتروناتِ المنفردةِ.
2. أُرتِّبُ المستوياتِ الفرعيةَ الآتيةَ تصاعديًّا وفقَ طاقتِها:
   5p, 3d, 6p, 5d, 7p.
3. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ بدلالةِ الغازِ النبيلِ لكلٍّ منَ الذرَّتيْنِ: N (عددُها الذرِّيُّ 7)، وَ Si (عددُها الذرِّيُّ 14).

الربطُ بالحياةِ

منطادٌ مملوءٌ بغازِ الهيليومِ

يمتازُ غازُ الهيليومِ He بكثافتِهِ المنخفضةِ مقارنةً ببقيةِ الغازاتِ، ويُعَدُّ غازًا آمنًا غيرَ سامٍّ، وغيرَ قابلٍ للاشتعالِ أوِ الانفجارِ؛ نظرًا إلى قِلَّةِ نشاطِهِ الكيميائيِّ؛ لذا تُملأُ بهِ المناطيدُ، والبالوناتُ الطائرةُ، والغوّاصاتُ البحريةُ.

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

تصنيفُ العناصرِ Classifying Elements

بناءً على توزيعِ العناصرِ الإلكترونيِّ، 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.

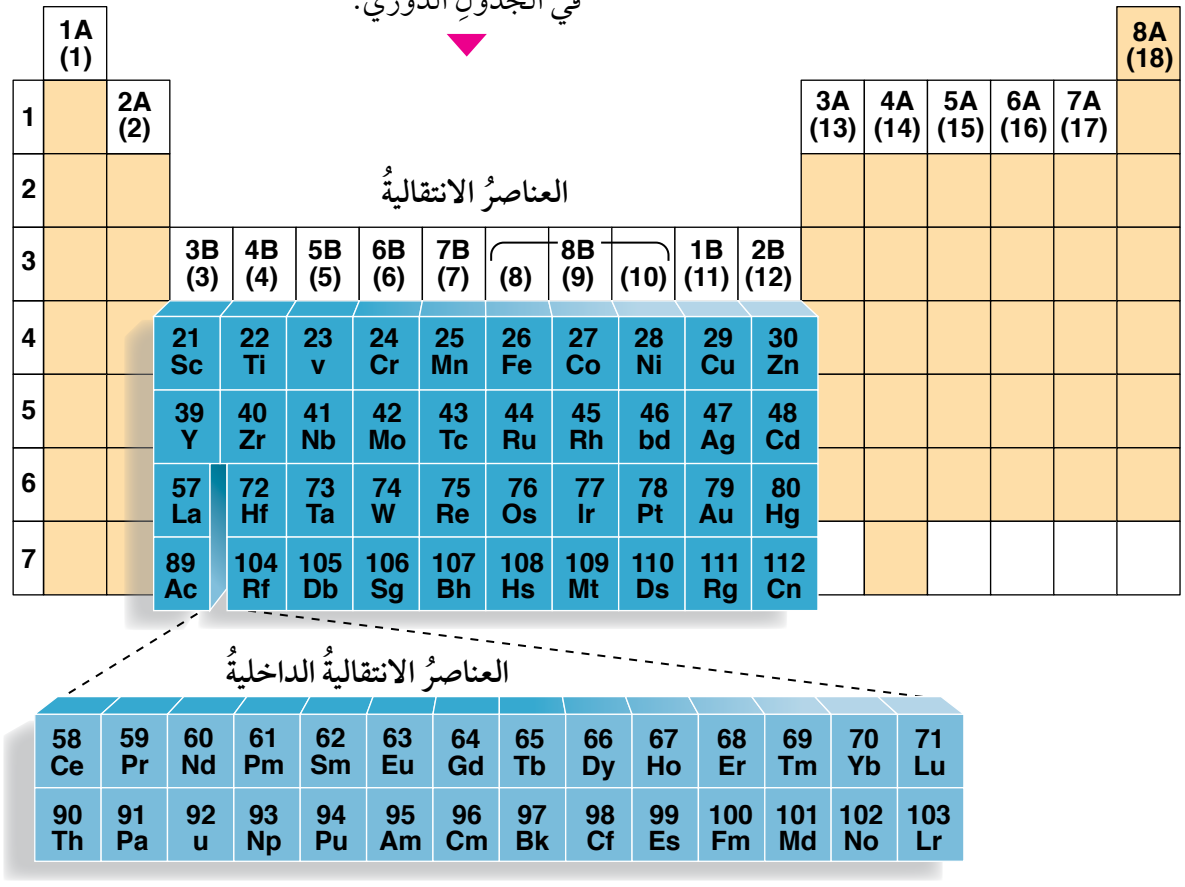
1 IA	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H Hydrogen 1.008 1																	2 He Helium 4.0026 2
3 Li Lithium 6.94 2-1	4 Be Beryllium 9.0122 2-2											5 B Boron 10.81 2-3	6 C Carbon 12.011 2-4	7 N Nitrogen 14.007 2-5	8 O Oxygen 15.999 2-6	9 F Fluorine 18.998 2-7	10 Ne Neon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

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.



العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements: تتكوَّنُ هـذهِ العناصرُ منْ (10) مجموعاتٍ في الجدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (5)، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرّاتِ عناصرِها إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ d.

العناصرُ الانتقاليةُ الداخليةُ Inner Transition Elements: تتكوَّنُ هـذهِ العناصرُ منْ (14) مجموعـةً في الجـدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (5)، 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. ويُلاحَظُ منْ هذا الجدولِ أنَّ رقمَ المجموعةِ بالنسبةِ إلى العناصرِ الانتقاليةِ يساوي مجموعَ إلكتروناتِ s في المستوى الخارجيِّ (n)، ومجموعَ إلكتروناتِ d (n-1) للمجموعاتِ B (7–3)، بحسبِ القاعدةِ الآتيةِ:

رقمُ المجموعةِ = إلكتروناتِ nS + إلكتروناتِ d (n-1).

أبحث

قضيةٌ للبحثِ

يختلـفُ التوزيـعُ الإلكترونـيُّ لعنصـرِ الكـرومِ $_{24}Cr$ وعنصـرِ النحـاسِ $_{29}Cu$ عـنْ توزيـعِ بقيـةِ العناصـرِ الانتقاليـةِ، أبحـثُ فـي سـببِ هـذا الاختـلافِ، ثـمَّ أُناقِشُـهُ مـعَ زملائـي/ زميلاتـي.

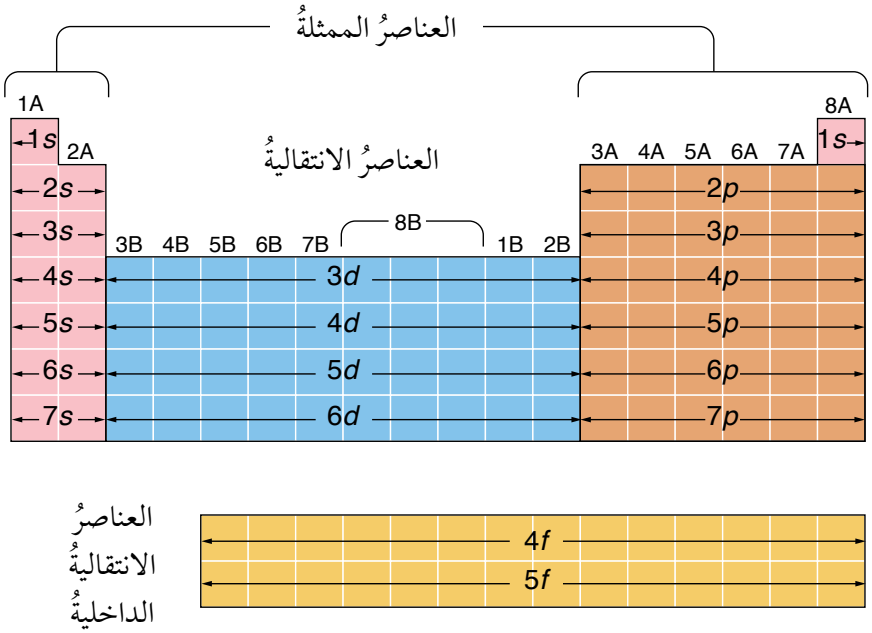
الجدولُ (4): التوزيعُ الإلكترونيُّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ.

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

وفي حالِ كانَ المجموعُ (8)، أوْ (9)، أوْ (10)، فإنَّ رقمَ المجموعةِ يكونُ (8B) التي تضمُّ (3) أعمدةٍ؛ نظرًا إلى التشابهِ الكبيرِ في خصائصِ عناصرِها. أمّا المجموعتانِ (1B) وَ (2B) على الترتيبِ فيُحدَّدُ رقمُ كلٍّ منْهما بناءً على عددِ إلكتروناتِ s في المستوى الخارجيِّ.

بعدَ تعرُّفِ كيفيةِ تحديدِ موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ عنْ طريقِ التوزيعِ الإلكترونيِّ، يُمكِنُ أيضًا استخدامُ بنيةِ الجدولِ الدوريِّ في تعرُّفِ التوزيعِ الإلكترونيِّ للعنصرِ بناءً على موقعِهِ في الجدولِ الدوريِّ؛ إذْ يُلاحَظُ منَ الشكلِ (6) أنَّ الجدولَ الدوريَّ ينقسمُ إلى (4) أقسامٍ، وأنَّ كلَّ قسمٍ منْها يضمُّ عددًا منَ الأعمدةِ مساويًا لسعةِ المستوياتِ الفرعيةِ التي ينتهي بها التوزيعُ الإلكترونيُّ. فمثلًا، العناصرُ التي ينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ s تقعُ ضمنَ العموديْنِ: 2A وَ 1A، والعناصرُ التي ينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ p تقعُ ضمنَ الأعمدةِ (8A-3A)، وكذلكَ هوَ حالُ العناصرِ الانتقاليةِ.

✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعنصرِ الذي يقعُ في المجموعةِ الثانيةِ A، والدورةِ الرابعةِ.



الشكلُ (6): تقسيمُ الجدولِ الدوريِّ بحسبِ المستوياتِ الفرعيةِ الخارجيةِ التي ينتهي بها التوزيعُ الإلكترونيُّ.

الربطُ بالحياةِ

استخدامُ التيتانيومِ في الطبِّ

يُعَدُّ التيتانيومُ $_{22}Ti$ فلزًّا مُهِمًّا منَ الناحيةِ الاقتصاديةِ والصناعيةِ؛ نظرًا إلى صفاتِهِ التي جعلَتْهُ منافسًا قويًّا في العديدِ منَ المجالاتِ الصناعيةِ؛ إذْ يمتازُ بخفَّةِ وزنِهِ، وصلابتِهِ الكبيرةِ، إضافةً إلى قِلَّةِ نشاطِهِ الكيميائيِّ، وعدمِ تأثُّرِهِ بعواملِ البيئةِ.

منَ المجالاتِ التي يُستخدَمُ فيها التيتانيومُ على نطاقٍ واسعٍ الطبُّ؛ إذْ يدخلُ في صناعةِ المفاصلِ البديلةِ، مثلِ مفصلِ الوركِ ومفصلِ الركبةِ، ويُستخدَمُ في علاجِ الانزلاقاتِ الغضروفيةِ في العمودِ الفقريِّ، ويدخلُ أيضًا في صناعةِ صفائحِ الجمجمةِ، وبراغي الأسنانِ، والفكِّ الصناعيِّ، وغيرِ ذلكَ منَ الاستخداماتِ الطبيةِ المُهِمَّةِ.

المثالُ 3

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعنصرِ الافتراضيِّ X الذي يقعُ في المجموعةِ السادسةِ A، والدورةِ الثالثةِ.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى الشكلِ (6)، فإنَّ المجموعةَ السادسةَ تُمثِّلُ العمودَ الرابعَ منْ منطقةِ p، وإنَّ رقمَ الدورةِ يُمثِّلُ رقمَ المستوى الخارجيِّ n، فيكونُ المستوى الخارجيُّ $3p^4$، ويكونُ التوزيعُ الإلكترونيُّ كما يأتي:

$X : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$

المثالُ 4

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعنصرِ الافتراضيِّ Y الذي يقعُ في المجموعةِ الخامسةِ B، والدورةِ الرابعةِ.

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى الشكلِ (6)، نجدُ أنَّ العنصرَ موجودٌ في العمودِ الثالثِ مِنَ المنطقةِ d؛ أي أنَّ المستوى d لهذا العنصرِ يحتوي على ثلاثةِ إلكتروناتٍ، وبما أنهُ مِنَ الدورةِ الرابعةِ فإنَّ توزيعَهُ الإلكترونيَّ ينتهي بـِ $4s^2 3d^3$، ويكونُ التوزيعُ الإلكترونيُّ كما يأتي: $Y : 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$

التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيوناتِ العناصرِ

تميلُ ذرّاتُ العناصرِ إلى كسبِ الإلكتروناتِ أو فقْدِها للوصولِ إلى توزيعٍ يُشْبِهُ توزيعَ العناصرِ النبيلةِ، في ما يُعرَفُ **بالتأيُّنِ Ionization**، 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 مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ تصنيفِ العناصرِ في الجدولِ الدوريِّ، وتحديدِ مواقعِ بعضِها فيهِ بالاعتمادِ على توزيعِها الإلكترونيِّ، ثمَّ أُعِدُّ فيلمًا قصيرًا عنْ ذلكَ باستخدامِ برنامجِ movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِّ.

المثالُ 5

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 6

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لأيونِ النتروجينِ $_7N^{3-}$.

الحلُّ:

التوزيعُ الإلكترونيُّ للنتروجينِ هوَ $_7N: 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$، أمّا أيونُ النتروجينِ $_7N^{3-}$ فينتجُ منْ كسبِ 3 إلكتروناتٍ، فيصبحُ عددُ الإلكتروناتِ 10 إلكتروناتٍ، ويكونُ توزيعُهُ الإلكترونيُّ: $_7N^{3-}: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$، أوْ $_7N^{3-}$: [Ne].

تُكَوِّنُ العناصرُ الانتقاليةُ أيوناتٍ موجبةً عندَ فقْدِ عددٍ منَ الإلكتروناتِ؛ إذْ إنَّها تفقدُ الإلكتروناتِ منَ المستوى الفرعيِّ s الخارجيِّ، ثمَّ منَ المستوى الفرعيِّ d.

المثالُ 7

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لأيونِ التيتانيومِ $_{22}Ti^{3+}$.

الحلُّ:

التوزيعُ الإلكترونيُّ لفلزِّ التيتانيومِ هوَ $_{22}Ti$: $[Ar]\ 4s^2\ 3d^2$، وفي حالِ فقَدَ 3 إلكتروناتٍ (إلكترونانِ منَ المستوى 4s، وإلكترونٌ منَ المستوى 3d)، فإنَّهُ يتحوَّلُ إلى أيونِ التيتانيومِ $_{22}Ti^{3+}$، ويصبحُ توزيعُهُ الإلكترونيُّ: $_{22}Ti^{3+}$: $[Ar]\ 3d^1$.

✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الأيوناتِ الآتيةِ: $_{26}Fe^{3+}$ ، $_{28}Ni^{2+}$ ، $_{16}S^{2-}$ ، $_{20}Ca^{2+}$.

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	Co	As
العددُ الذرِّيُّ	8	13	17	27	33

أ - **أقارن** بين التوزيعَ الإلكترونيَّ لكل من هذه العناصر.

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

جـ - أيُّ العناصرِ يُعَدُّ عنصرًا انتقاليًّا؟ وأيُّها يُعَدُّ عنصرًا ممثلًا؟

د - أُحدِّدُ عددَ الإلكتروناتِ المنفردةِ في كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: O، Cl، Co.

هـ - **أستنتجُ** العددَ الذرِّيَّ لعنصرٍ يقعُ في الدورةِ الرابعةِ ومجموعةِ العنصرِ Cl.

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

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

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

4 – أُحدِّدُ العددَ الذرِّيَّ لعنصرٍ ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثلاثيِّ الموجبِ بالمستوى الفرعيِّ $3d^4$.

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

الألفةُ الإلكترونيةُ Electron Affinity

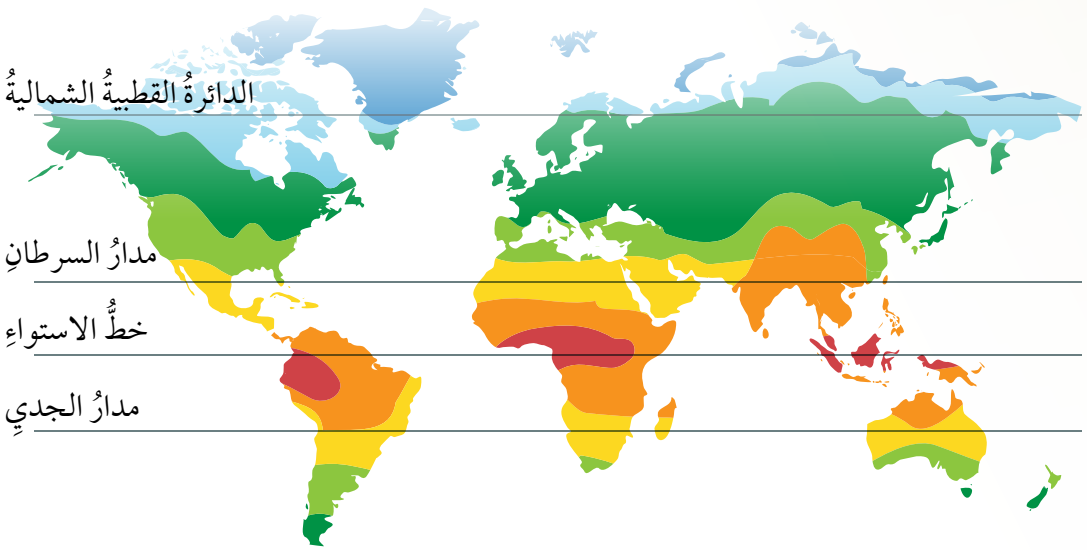
السالبيةُ الكهربائيةُ Electron Negativity

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic Properties of the Elements

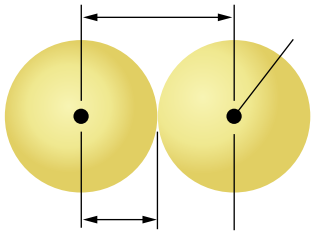
تُقسَّمُ الكرةُ الأرضيةُ إلى عددٍ منَ المناطقِ المختلفةِ بحسبِ المناخِ السائدِ فيها. ويُبيِّنُ الشكلُ (7) تقسيمَ المناطقِ تبعًا لاختلافِ مناخِها الذي يرتبطُ مباشرةً بموقعِها الجغرافيِّ؛ إذْ تتشابهُ المناطقُ الواقعةُ ضمنَ دوائرِ العرضِ نفسِها منْ حيثُ المناخُ، في حينِ تتغيَّرُ المناطقُ المناخيةُ كلَّما اتجهْنا منْ شمالِ الكرةِ الأرضيةِ إلى جنوبِها. وهذا يُشْبِهُ كثيرًا العناصرَ الكيميائيةَ؛ إذْ إنَّها تمتازُ 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

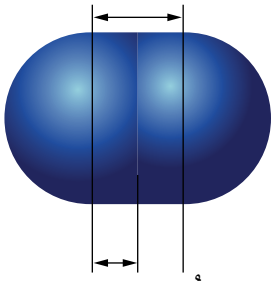
يُعَدُّ الحجمُ الذرِّيُّ إحدى الخصائصِ المُهِمَّةِ التي تُحدِّدُ السلوكَ العامَّ للذرّاتِ. ولمّا كانَتِ الذرّاتُ تختلفُ في ما بينَها، فإنَّهُ يُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ الفلزّاتِ بمصطلحِ **نصفِ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius**، وهوَ "نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ مُتجاورتيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ لعنصرِ الفلزِّ". ويُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ اللافلزّاتِ بمصطلحِ نصفِ قُطْرِ التساهُمِ. وهوَ "نصفُ المسافةِ بينَ نواتَيْ ذرَّتَيْ عنصرٍ في الحالةِ الغازيةِ بينَهُما رابطةٌ تساهميةٌ".



الشكلُ (7): تقسيمُ العالَمِ بحسبِ المناطقِ المناخيةِ.



نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.



نصفُ قطرِ التساهمِ.

الشكلُ (8): نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.

يقاسُ نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ بوحدةِ البيكومترِ Picometer (pm). أنظرُ الشكلَ (8).

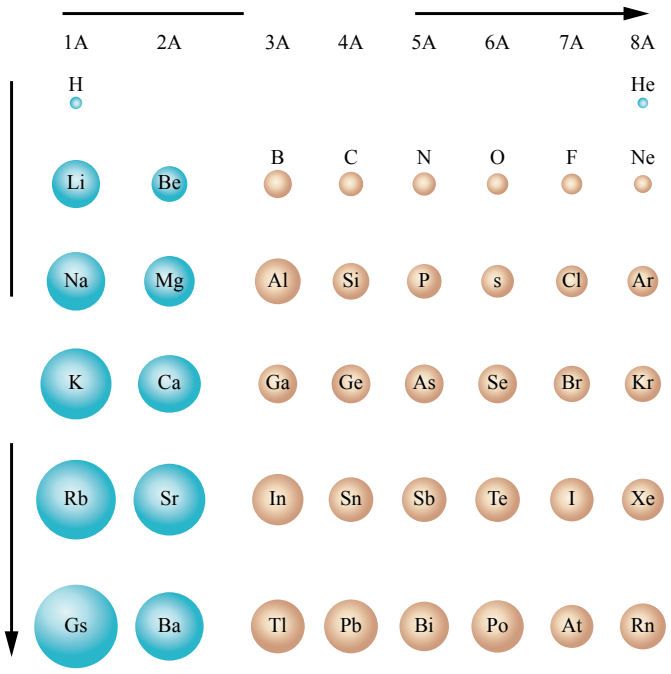
يتغيَّرُ نصفُ القُطْرِ والحجمُ الذرِّيُّ تدريجيًّا في الجدولِ الدوريِّ؛ سواءٌ أكانَ ذلكَ في الدورةِ الواحدةِ، أمْ في المجموعةِ الواحدةِ، تبعًا لعامليْنِ اثنيْنِ، هما:

عددُ الكَمِّ الرئيسُ Principal Quantum Number (n):

يزدادُ نصفُ قُطْرِ الذرَّةِ والحجمُ الذرِّيُّ عندَ زيادةِ العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ 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 الذرِّيُّ.

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 بعدَ تأثيرِ الإلكتروناتِ الحاجبةِ **بشحنةِ النواةِ الفعّالةِ Effective Nuclear Charge** . تزدادُ شحنةُ النواةِ الفعّالةُ بزيادةِ العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الدورةِ الواحدةِ، معَ بقاءِ الرقمِ نفسِهِ للمستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ منْ تأثيرِ جذبِ النواةِ



الشكلُ (9): نصفُ القُطْرِ والحجمُ الذرِّيُّ للذرّاتِ في الجدولِ الدوريِّ.

أُحدِّدُ رمزَ العنصرِ الأكبرِ حجمًا.

لإلكتروناتِ التكافؤِ، فيزدادُ اقترابُها منَ النواةِ، ويقلُّ نصفُ القُطْرِ، ثمَّ يقلُّ الحجمُ الذرِّيُّ، أنظرُ الشكلَ (9).

أتحقَّقُ:

أيُّ الذرَّتيْنِ أكبرُ حجمًا: Be أمْ Ba؟

أيُّ الذرَّتيْنِ أصغرُ حجمًا: S أمْ Al؟

المثالُ 8

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

الحلُّ:

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لهذهِ العناصرِ: Na: [Ne] $3s^1$, Mg: [Ne] $3s^2$, Al: [Ne] $3s^23p^1$، 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، أَيْ 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؛ أَيْ زيادةً في جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيقلُّ حجمُها الذرِّيُّ.

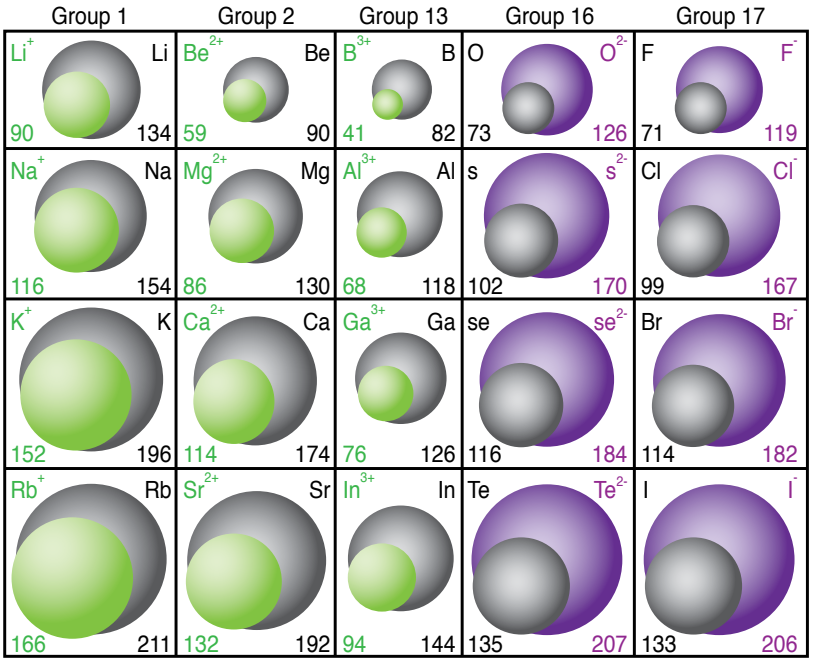
نصفُ القُطْرِ الأيونيِّ Ionic Radius

تؤدي عمليةُ تأيُّنِ الذرّاتِ إلى اختلافِ توزيعِها الإلكترونيِّ، فضلًا عنْ تغيُّرِ عددِ الإلكتروناتِ في المستوى الخارجيِّ، وتغيُّرِ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ المشغولةِ بالإلكتروناتِ. ولهذا، فإنَّ حجومَ الأيوناتِ تختلفُ 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.

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

أُفكِّرُ: أيُّهُما أكبرُ حجمًا: أيونُ الفلوريد $_{9}F^{-}$ أمْ أيونُ الصوديومِ $_{11}Na^{+}$؟



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

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 $_{17}Cl^-$.

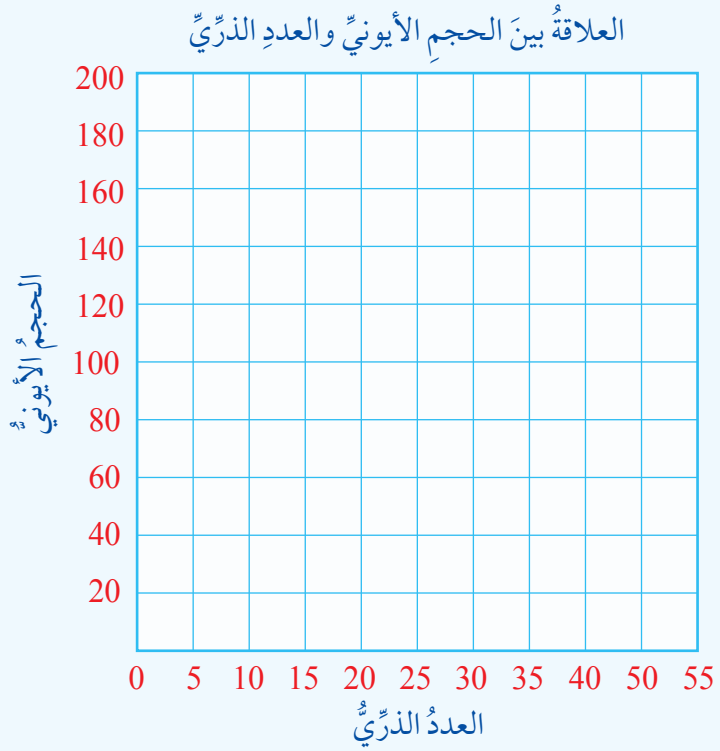
الحلُّ:

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

التجربةُ 1

الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ



الموادُّ والأدواتُ: ورقُ رسمٍ بيانيٍّ، أقلامُ تلوينٍ.

خطواتُ العملِ:

1- مُستخدِمًا قيمَ أنصافِ أقطارِ الذرّاتِ والأيوناتِ الواردةَ في الشكلِ (10)، أُحدِّدُ على ورقِ الرسمِ البيانيِّ نقاطًا تُمثِّلُ نصفَ القُطْرِ الأيونيِّ مقابلَ العددِ الذرِّيِّ.

2- أَصِلُ بينَ النقاطِ الناتجةِ منْ عناصرِ الدورةِ الواحدةِ باستخدامِ قلمِ تلوينٍ.

3- أَصِلُ بينَ النقاطِ الناتجةِ منْ عناصرِ المجموعةِ الواحدةِ باستخدامِ قلمِ تلوينٍ مختلفٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُقارِنُ** بينَ حجمِ الذرَّةِ وأيونِها الموجبِ، وحجمِ الذرَّةِ وأيونِها السالبِ.
2. **أَصِفُ** تغيُّرَ نصفِ القُطْرِ الأيونيِّ في الدورةِ الواحدةِ عنْ طريقِ الرسمِ البيانيِّ.
3. **أَصِفُ** تغيُّرَ نصفِ القُطْرِ الأيونيِّ في المجموعةِ الواحدةِ عنْ طريقِ الرسمِ البيانيِّ.
4. **أُفسِّرُ** سببَ التغيُّرِ في حجومِ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ.
5. **أتنبَّأُ** بحجمِ أيوناتِ بعضِ العناصرِ غيرِ تلكَ الواردةِ في الشكلِ (10) بناءً على الرسمِ البيانيِّ.

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:

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

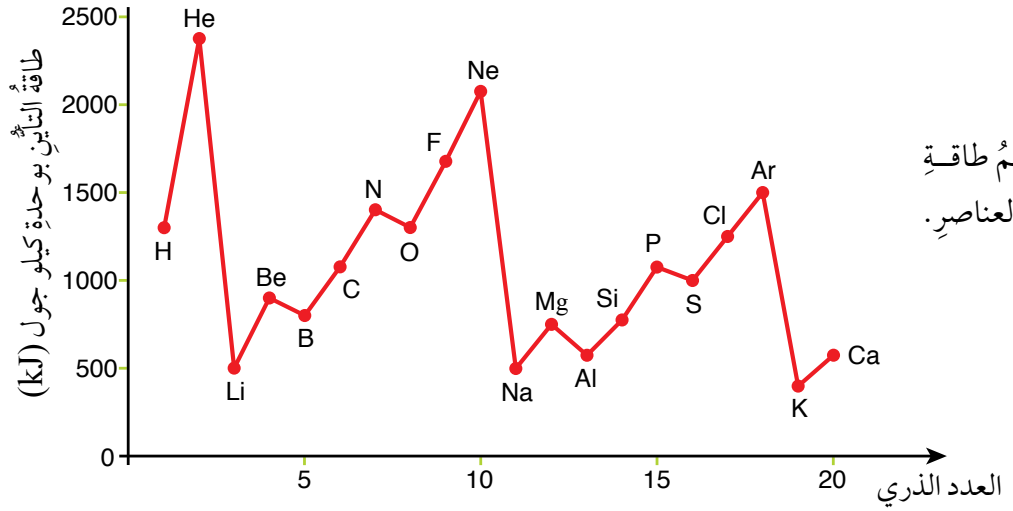
يعتمدُ تحديدُ مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ على قُوَّةِ التجاذبِ بينَ بروتوناتِ النواةِ والإلكتروناتِ؛ فكلَّما ازدادَ نصفُ القُطرِ الذرِّيِّ أصبحَتِ الإلكتروناتُ أبعدَ عنِ النواةِ، وأقلَّ ارتباطًا بها، فيقلُّ مقدارُ طاقةِ التأيُّنِ. وبزيادةِ شحنةِ النواةِ الفعّالةِ (معَ بقاءِ عددِ مستوياتِ الطاقةِ ثابتًا) يزدادُ جذبُ النواةِ لإلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ منْ مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ. أنظرُ الشكلَ (11) الذي يُبيِّنُ قيمَ طاقةِ التأيُّنِ لعددٍ منَ العناصرِ.

الربطُ بالرياضياتِ

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.

أبحثُ قضيةٌ للبحثِ

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



الشكلُ (11): قيمُ 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.

تفقدُ بعضُ العناصرِ أكثرَ منْ إلكترونٍ للوصولِ إلى تركيبٍ يُشْبِهُ تركيبَ العناصرِ النبيلةِ، ويختلفُ مقدارُ الطاقةِ اللازمةِ لنزعِ الإلكتروناتِ منَ الذرَّةِ نفسِها، وتُعرَفُ الطاقةُ اللازمةُ لنزعِ الإلكترونِ منَ الذرَّةِ المُتعادِلةِ بطاقةِ التأيُّنِ الأولى، أمّا الطاقةُ اللازمةُ لنزعِ الإلكترونِ منَ الأيونِ الأحاديِّ الموجبِ فتُسمّى طاقةَ التأيُّنِ الثانيةَ، وهكذا.

يُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$M^{1+}_{(g)} + \text{طاقة} \rightarrow M^{2+}_{(g)} + e^-$$

ويُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ الثالثةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

$$M^{2+}_{(g)} + \text{طاقة} \rightarrow M^{3+}_{(g)} + e^-$$

تزدادُ قيمُ طاقةِ التأيُّنِ اللازمةُ لنزعِ الإلكترونِ منَ الأيوناتِ عليْها منَ الذرَّةِ المُتعادِلةِ، فنجدُ أنَّ طاقةَ التأيُّنِ الثانيةَ أعلى منْ طاقةِ التأيُّنِ الأولى، وأنَّ طاقةَ التأيُّنِ الثالثةَ أعلى منْ طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ للعنصرِ نفسِهِ؛ نظرًا إلى زيادةِ جذبِ النواةِ للإلكتروناتِ في الأيوناتِ.

أُفكِّرُ: قيمُ طاقةِ التأيُّنِ للمغنيسيومِ $_{12}Mg$ بوحدةِ (kJ) هيَ كما يأتي:
ط1 = 738، ط2 = 1451،
ط3 = 7730، ط4 = 10540.

a. أكتبُ معادلةً تُمثِّلُ طاقةَ التأيُّنِ الثانيةَ.

b. أُفسِّرُ سببَ ارتفاعِ قيمةِ طاقةِ التأيُّنِ الثالثةِ مقارنةً بطاقةِ التأيُّنِ الأولى والثانيةِ.

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

الألفةُ الإلكترونيةُ Electron Affinity

عندَ إضافةِ إلكترونٍ إلى الذرَّةِ، فإنَّهُ يَدخلُ أحدَ مستوياتِ الطاقةِ في الذرَّةِ، ويخضعُ لقوَّةِ جذبِ النواةِ، فتقلُّ طاقةُ وضعِهِ؛ ما يُسبِّبُ انبعاثَ مقدارٍ مُعيَّنٍ منَ الطاقةِ، فتتغيَّرُ طاقةُ الذرَّةِ بوجهٍ عامٍّ للوصولِ إلى حالةِ الحدِّ الأدنى منَ الطاقةِ، وإلى الحالةِ التي هيَ أكثرُ استقرارًا.

يُطلَقُ على مقدارِ التغيُّرِ في الطاقةِ المُقترِنِ بإضافةِ إلكترونٍ إلى الذرَّةِ

المُتعادِلةِ في الحالةِ الغازيةِ اسمُ **الألفةِ الإلكترونيةِ Electron Affinity**، ويُعبَّرُ عنْها بالمعادلةِ الآتيةِ: $M_{(g)} + e^- \rightarrow M^-_{(g)} + \text{طاقة}$

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 الصّفِ.

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 قُطرِ الذرَّتيْنِ المُكوِّنتيْنِ للرابطةِ؛ فكلَّما زادَ نصفُ قُطرِ 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 (12) قيمَ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.

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

السالبيةُ الكهربائيةُ ← تزايُدٌ

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

أستنتجُ العلاقةَ بينَ قيمِ السالبيةِ الكهربائيةِ والحجمِ الذرِّيِّ للعنصرِ.

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ**: أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ المفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:

- نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.
- طاقةُ التأيُّنِ.
- الألفةُ الإلكترونيةُ.
- السالبيةُ الكهربائيةُ.

2 – 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 طاقةُ تأيُّنِهِ الثالثةُ أعلى: Mg، أمْ N، أمْ S؟

هـ – **أستنتجُ**: أيُّ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أصغرُ: B، أمْ C، أمْ N؟

و – **أستنتجُ**: أيُّ الآتيةِ أكثرُ سالبيةً كهربائيةً: S ، أمْ Si، أمْ Cl؟

ز – **أُفسِّرُ**: لماذا يزيدُ حجمُ الأيونِ السالبِ على حجمِ ذرَّتِهِ؟

ح – ما سببُ الانخفاضِ الكبيرِ في طاقةِ التأيُّنِ الأولى للعناصرِ التي تلي الغازاتِ النبيلةَ في الجدولِ الدوريِّ؟

3 – أكتبُ معادلةً كيميائيةً تُمثِّلُ:

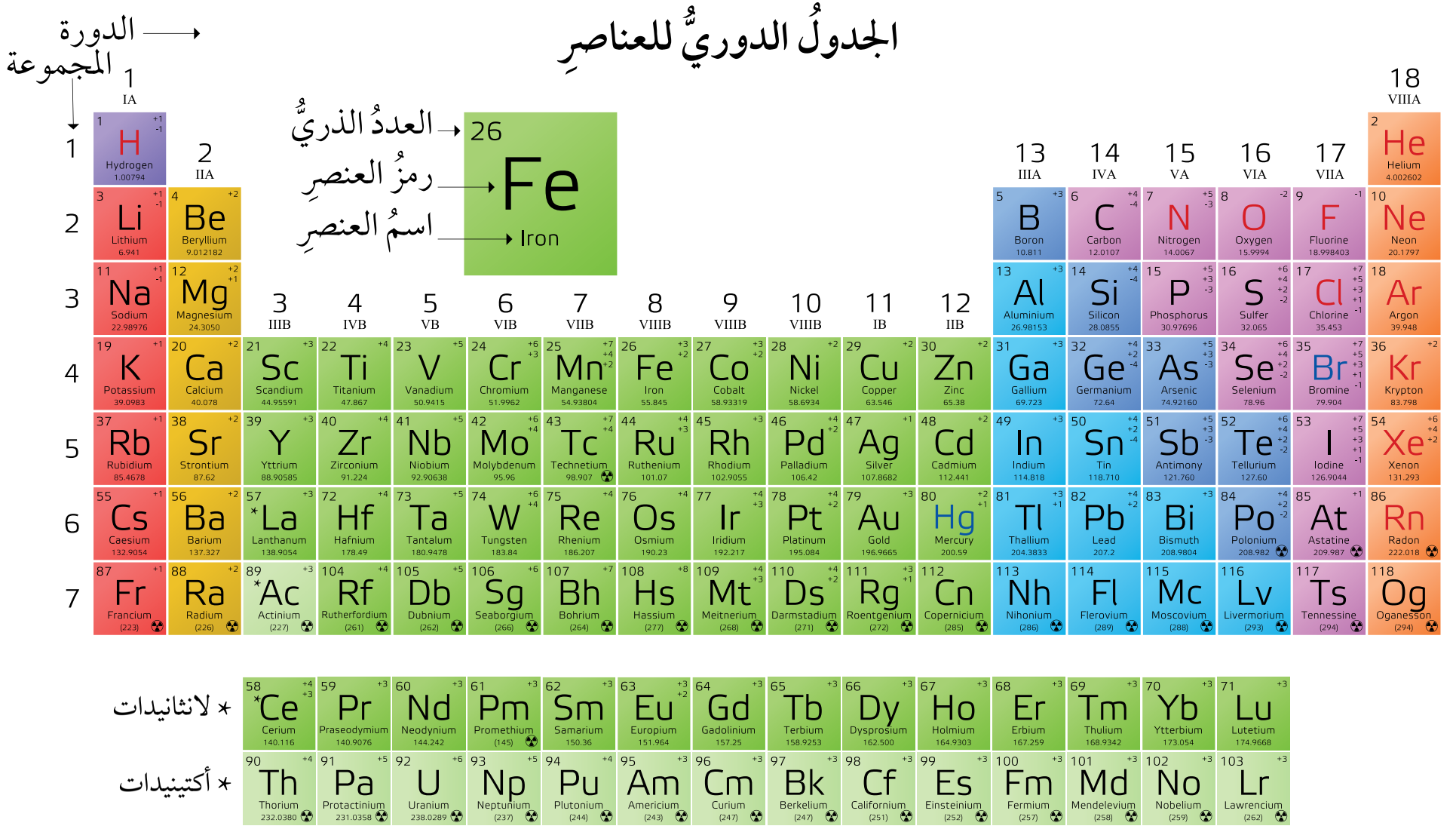
أ – اكتسابَ ذرَّةِ عنصرٍ طاقةً لفقْدِ إلكترونٍ واحدٍ.

ب – إضافةَ إلكترونٍ واحدٍ إلى ذرَّةِ عنصرٍ، وانطلاقَ طاقةٍ.

4 – **أستنتج** تكونُ طاقةِ تأيُّنِ العنصرِ $_{7}N$ أعلى منْها للعنصرِ $_{8}O$ بالرغمِ منْ أنَّ العددَ الذرِّيَّ N أصغرُ منَ العددِ الذرِّيِّ O؟

5 – **أستنتجُ**: ما علاقةُ قيمِ طاقةِ التأيُّنِ بعددِ إلكتروناتِ التكافؤِ للذرّاتِ؟

الجدولُ الدوريُّ للعناصرِ



مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ
Atomic Force Microscope :AFM

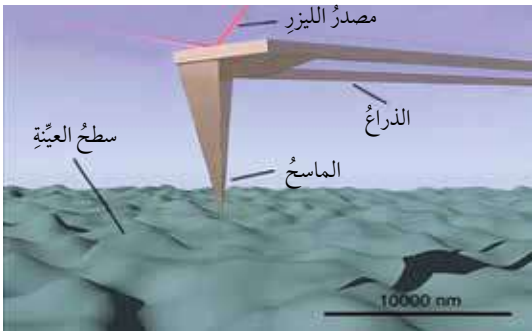
تَدينُ ثورةُ تقنيةِ النانو في تقدُّمِها المُتسارِعِ إلى التطوُّرِ الكبيرِ في تقنياتِ الميكروسكوباتِ الحديثةِ وتطبيقاتِها، ويسعى العلماءُ دائمًا إلى تطويرِ هذهِ الأجهزةِ؛ لفتحِ آفاقٍ علميةٍ وتقنيةٍ جديدةٍ تساعدُ على تعرُّفِ المزيدِ عنْ عالَمِ النانو، وكيفَ يُمكِنُ الإفادةُ منْهُ إفادةً مُثلى.

بوجهٍ عامٍّ، تُصنَّفُ الميكروسكوباتُ النانويةُ إلى نوعيْنِ، هما:

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

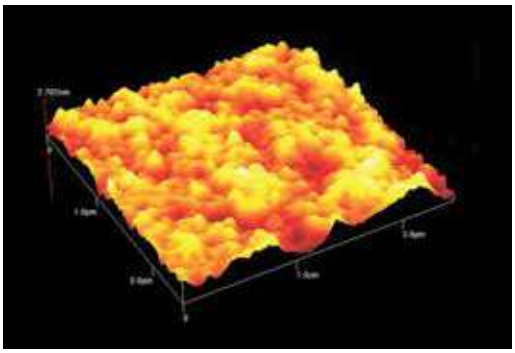
b. ميكروسكوباتُ المجسّاتِ الماسحةِ SPM، مثلُ: الميكروسكوبِ النفقيِّ الماسحِ STM، وميكروسكوبِ القُوَّةِ الذرِّيةِ AFM.

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 السليكون، أوْ نيتريدِ السليكون، 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.


صورةٌ ثلاثيةُ الأبعادِ لمُركَّبِ الفلورو إيثانِ منْ مِجْهرِ القُوَّةِ الذرِّيةِ.

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

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، طاقةُ التأيُّنِ الثانيةُ.

2. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: S، Mn، Ge، Cu بدلالةِ العنصرِ النبيلِ المناسبِ لكلٍّ منْها، ثمَّ أُجيبُ عمّا يأتي:

أ . ما رقمُ الدورةِ ورقمُ المجموعةِ لكلِّ عنصرٍ منْ هذهِ العناصرِ؟

ب . ما عددُ الإلكتروناتِ المنفردةِ في ذرَّةِ كلٍّ منْها؟

جـ . ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ في ذرَّةِ العنصرِ S؟

د . ما أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي لها اتجاهُ الغزلِ نفسُهُ في المستوى الخارجيِّ لذرَّةِ Ge؟

هـ . ما أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي لها اتجاهُ الغزلِ نفسُهُ في ذرَّةِ S؟

و . أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منْ: S^{2-}، وَ Mn^{4+}.

3. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لعنصرٍ:

أ . منَ الدورةِ الثالثةِ، والمجموعةِ الرابعةَ عشرةَ.

ب. منَ الدورةِ الرابعةِ، والمجموعةِ السادسةِ B.

جـ. ينتهي توزيعُهُ الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ $4P^2$.

د . ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثنائيِّ السالبِ بالمستوى الفرعيِّ $3p^6$.

هـ . ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثلاثيِّ الموجبِ بالمستوى الفرعيِّ $3d^2$.

4. أُحدِّدُ أكبرَ ذرَّةٍ 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. أيُّ الذرّاتِ تملكُ 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.

جـ.تزدادُ حجومُ الأيوناتِ السالبةِ مقارنةً بحجومِ ذرّاتِها.

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

W											E		M		X	D	
	Y												R				
V			U		Z					P		T					

أ . أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلِّ ذرَّةٍ منْ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ: M، Y، Z.

ب.ما رقمُ مجموعةِ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: V، X، U؟

جـ. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ منْ دورةِ العنصرِ V، ومجموعةِ العنصرِ E؟

د. ما عددُ الإلكتروناتِ المنفردةِ في المستوى الخارجيِّ لذرَّةِ العنصرِ R؟

هـ. ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ في ذرَّةِ كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: E، Y، X؟

و. أيُّ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أكبرُ: E، أمْ R، أمْ V؟

ز. أيُّ العناصرِ الآتيةِ طاقةُ تأيُّنِهِ الثالثةُ أعلى: M ، أمْ Y، أمْ R؟

ح. أيُّ العناصرِ الآتيةِ لهُ أقلُّ سالبيةٍ كهربائيةٍ: E، أمْ X، أمْ M؟

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

$_{23}V$ ، $_{17}Cl$ ، $_{12}Mg$ ، $_{11}Na$ ، $_{10}Ne$ ، $_{8}O$ ، $_{7}N$

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

ب. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للأيونِ V^{2+}.

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

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

هـ. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثانيةٍ؟

و. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى سالبيةٍ كهربائيةٍ؟

10. العنصرُ X هوَ منْ عناصرِ الدورةِ الثانيةِ، وقيمُ طاقةِ التأيُّنِ لهُ بوحدةِ (kJ):

ط1= 900، ط2 = 1757 ،

ط3 = 14850، ط4 =21007

أ . أُحدِّدُ رقمَ مجموعةِ العنصرِ X.

ب. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للأيونِ X^{2+}.

11. 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 أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثالثةٍ؟

د . أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أقلُّ طاقةِ تأيُّنٍ؟

هـ. أيُّ هذهِ العناصرِ أعلى سالبيةً كهربائيّةً؟

و. أعملُ رسمًا بيانيًّا يُمثِّلُ تغيُّرَ طاقةِ التأيُّنِ لهذهِ العناصرِ بزيادةِ العددِ الذرِّيِّ.

12. تُستخدَمُ مُركَّباتُ الباريومِ ومُركَّباتُ اليودِ بوصفِها موادَّ تباينٍ (مُظلِّلةٌ) 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.

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

1. المستوى الفرعيُّ الذي يُملَأُ 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. $_{20}Ca$

7. المعادلةُ التي تُمثِّلُ طاقةَ التأيُّنِ الرابعةَ للمغنيسيومِ، هيَ:

أ . $Mg_{(g)} \rightarrow Mg^{4+}_{(s)} + 4e$.

ب. $Mg^{3+}_{(g)} \rightarrow Mg^{4+}_{(g)} + e$.

جـ. $Mg^{2+}_{(g)} \rightarrow Mg^{3+}_{(g)} + e$.

د. $Mg^{4+}_{(g)} \rightarrow Mg^{5+}_{(g)} + e$.

8. تشيرُ الطاقةُ في المعادلةِ

$O_{(g)} + e \rightarrow O^-_{(g)} + 141\ kj/mol$ إلى:

أ . طاقةِ التأيُّنِ للأكسجينِ.

ب. الكهروسلبيةِ للأكسجينِ.

جـ. الألفةِ الإلكترونيةِ للأكسجينِ.

د. طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ للأكسجينِ.

الوحدةُ 3

المُرَكَّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ

Compounds and Chemical Bonds

أتأمَّلُ الصورةَ

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

الفكرةُ العامةُ:

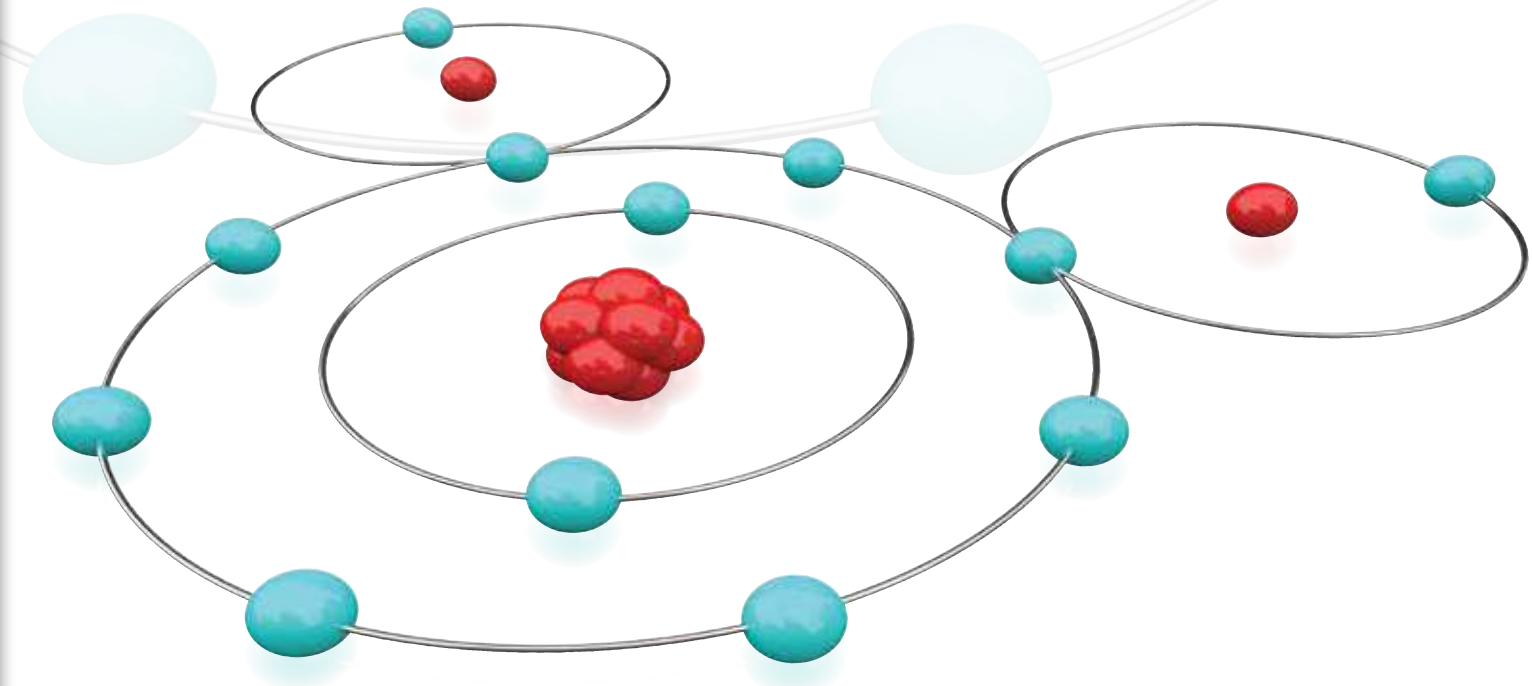
تعتمدُ خصائصُ المُركَّباتِ الكيميائيةِ على الروابطِ بينَ مُكوِّناتِها.

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.

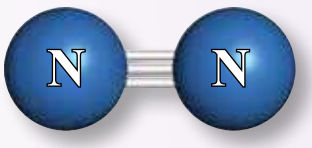
خطواتُ العملِ:

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	توزيعةُ 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:

تركيبُ لويس Lewis Structure

الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds

الرابطةُ الأيونيةُ Ionic Bond

الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond

الرابطةُ التساهميّةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond

الرابطةُ التساهميّةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond

الرابطةُ التساهميّةُ الثلاثيّةُ Triple Covalent Bond

الرابطةُ الفلزّيةُ 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 التكافؤ؛ 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 الذرّيُّ	المجموعةُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	تركيبُ لويس للذرّةِ
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•
السليكونُ	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 الذرّيُّ:	3	9	5	7	4

الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds

يتكـوَّنُ العالَمُ حولَنـا منْ ذرّاتٍ، فالماءُ والهواءُ الـذي يحيـطُ بِنا، وأجسامُنـا تتكوَّنُ منْ ذرّاتٍ متناهيـةِ الصغرِ. ولا توجـدُ هذهِ الـذرّاتُ بشكلٍ منفردٍ غالبًا، بلْ ترتبطُ معَ بعضِها بقوى تجاذبٍ مختلفةٍ تُسمّى **الروابـطَ الكيميائيـةَ Chemical Bonds**، وهيَ قُـوَّةُ تجـاذبٍ تنشـأُ بينَ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ عنْ طريـقِ فقْدِ الـذرَّةِ للإلكتروناتِ، أوِ اكتسابِهـا، أوِ المشاركـةِ فيها معَ ذرَّةٍ أُخرى، أوْ ذرّاتٍ عِـدَّةٍ. ومثـالُ ذلكَ الروابـطُ الأيونيةُ، والروابـطُ التساهميةُ. فكيفَ تنشأُ هذهِ الروابـطُ؟ وما خصائصُ المُركَّباتِ التي تنتجُ منْها؟

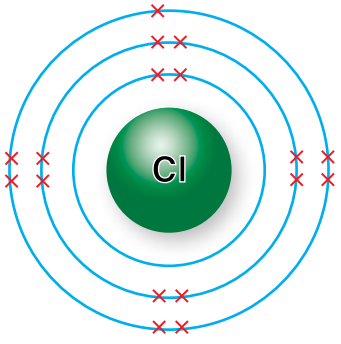
العالِمُ جيليبرت لويس.

الرابطةُ الأيونيةُ Ionic Bond

تفقدُ ذرّاتُ بعضِ العناصرِ الإلكتروناتِ، وتُـكوِّنُ أيوناتٍ موجبةً، في حيـنِ تكسبُ ذرّاتُ عناصرَ أُخرى الإلكترونـاتِ، وتُكوِّنُ أيونـاتٍ سالبةً. يُطلَقُ على القُوَّةِ التي تجذبُ الأيوناتِ ذاتَ الشحناتِ المختلفةِ في المُركَّباتِ اسمُ **الرابـطةِ الأيونيةِ Ionic Bond**، وهيَ رابطـةٌ تنشأُ بينَ ذرّاتِ فلـزٍّ ولا فلـزٍّ، ومثالُ ذلكَ الرابطـةُ الأيونيـةُ في مُركَّبِ كلوريـدِ الصوديـومِ NaCl؛ إذْ يحدثُ تجـاذبٌ بينَ أيـونِ الصوديومِ الموجبِ وأيونِ الكلوريدِ السالبِ، ويُمكِنُ تمثيلُ عمليةِ الترابطِ بينَهُما كما يأتي:

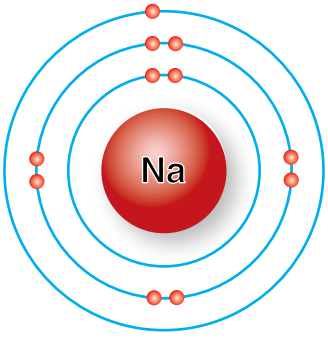
أبحَثُ فـي مصـادرِ المعرفـةِ المناسـبةِ عـنِ الروابـطِ الكيميائيّـةِ، ثـمَّ أُعِدُّ فيلـمًا قصيرًا عـنْ ذلـكَ باسـتخدامِ برنامـجِ movie maker، ثـمَّ أعرضُـهُ أمـامَ زملائي/ زميـلاتي في الصّـفِ.

يُـعَدُّ الكلورُ لافـلزًّا، وعددُهُ الذرِّيُّ 17؛ ما يعني أنَّـهُ يحتوي على 17 إلكتـرونًا، ويُمكِنُ تمثيلُـهُ بالشكلِ الآتي:



$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

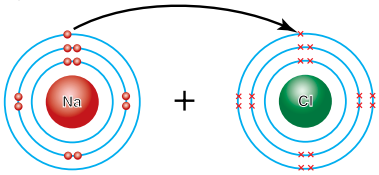
يُعَدُّ الصوديومُ فلزًّا، وعددُهُ الذرِّيُّ 11؛ ما يعني أنَّـهُ يحتـوي على 11 إلكترونًا، ويُمكِنُ تمثيلُـهُ بالشكلِ الآتي:



$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$

لـذرَّةِ الـكلورِ 7 إلكتروناتِ تكافؤٍ في مستوى الطاقةِ الخارجيِّ. وللوصولِ إلى مستوى طاقةٍ خارجيٍّ مُكتمِلٍ، فـإنَّـها تكسب إلكترونًـا منْ ذرَّةِ الصوديومِ.

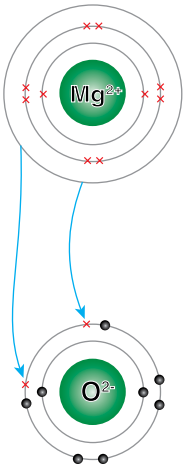
لذرَّةِ الصوديومِ إلكترونُ تكافؤٍ واحدٍ في مستوى الطاقـةِ الخارجيِّ. وللوصولِ إلى مستوى طاقـةٍ خارجـيٍّ مُكتمِلٍ، فإنَّـها تـفقِدُ هـذا الإلكترونَ، وتكتسبُهُ ذرَّةُ الكلورِ.



أُفكِّرُ: يـرتبـطُ الألمنيـومُ (Al) بالكبريتِ (S)؛ لتـكـويـنِ مُـركَّبِ (Al_2S_3)، فكيفَ يحدثُ ذلكَ؟

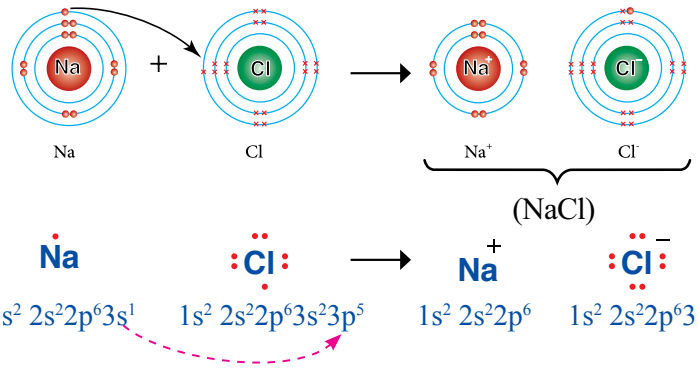
ينشأُ أيونٌ أحاديٌّ موجبٌ Na^+؛ لأنَّ عددَ البروتوناتِ الموجبةِ أكبرُ منْ عددِ الإلكتروناتِ السالبـةِ، وينشأُ أيونٌ أحاديٌّ سالبٌ Cl^-؛ لأنَّ عددَ البروتوناتِ الموجبةِ أقلُّ منْ عددِ الإلكترونـاتِ السالبـةِ، فيحدثُ بينَ الأيونيْنِ تجاذبٌ قويٌّ، كما في الشكلِ (1).

منَ الأمثلةِ الأُخرى ارتباطُ المغنيسيومِ بالأكسجينِ لتكوينِ مُركَّبِ أكسيدِ المغنيسيومِ MgO؛ إذْ ينتقلُ إلكترونا التكافؤِ منْ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ لذرَّةِ المغنيسيومِ التي توزيعُها الإلكترونيُّ ($1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$) إلـى ذرَّةِ الأكسجينِ التـي توزيعُها الإلكترونيُّ ($1s^2\ 2s^2 2p^4$)، فيتكـوَّنُ أيونُ مغنيسيومَ ثنائيٌّ موجبٌ (Mg^{2+})، وأيونُ أكسيدٍ ثنائيٌّ سالبٌ (O^{2-})، كما في الشَّكلِ(2).



الشكلُ (2): تكوُّنُ أيونِ Mg^{2+}، وأيونِ O^{2-}.

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالرابطةِ الأيونيةِ؟



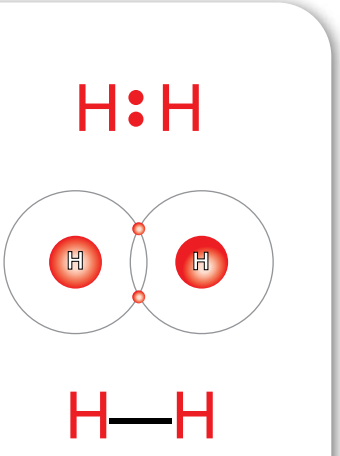
الشـكلُ (1): الترابـطُ بينَ ذرَّتَيِ الصوديومِ والكلورِ.

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

الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond

دَرَسْتُ في ما سبقَ أنَّ الرابطةَ الأيونيةَ تنشأُ بينَ أيونٍ موجبٍ وأيونٍ سالبٍ ناتجيْنِ منْ ذرَّتيْنِ، إحداهُما تفقِدُ 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.

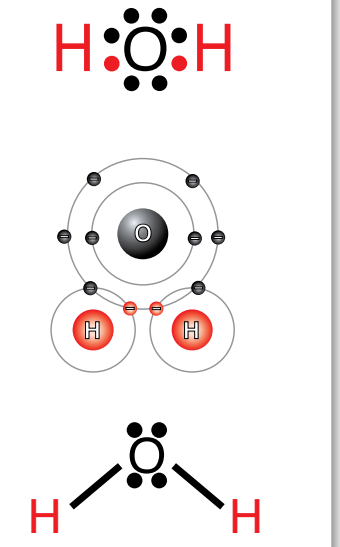


الشكلُ (3): الرابطةُ التساهميةُ بينَ ذرَّتَيِ الهيدروجينِ H_2.

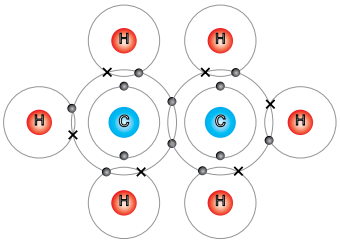
أنواعُ الروابطِ التساهميةِ Types of Covalent Bonds

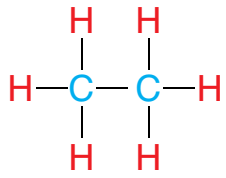
الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجٍ واحدٍ منَ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ الهيدروجينِ H_2؛ إذْ ترتبطُ ذرَّةُ هيدروجينَ (توزيعُها الإلكترونيُّ $1s^1$) بذرَّةِ هيدروجينَ أُخرى بمشاركةِ كلٍّ منْهُما بإلكترونٍ تكافؤٍ واحدٍ؛ لأنَّ كلًّا منْهُما تحتاجُ إلى إلكترونٍ واحدٍ لكيْ يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيُّ لها؛ لذا ينجذبُ زوجُ إلكتروناتِ الرابطةِ إلى نواتَيِ الذرَّتيْنِ. يُمكِنُ تمثيلُ الرابطةِ التساهميةِ بينَ ذرَّتَيِ الهيدروجينِ كما في الشكلِ (3)؛ 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 طاقَتِها الخارجيُّ، فترتبطُ برابطةٍ تساهميةٍ أحاديةٍ (سيجما) معَ كلِّ ذرَّةٍ منْ ذرَّتَيِ الهيدروجينِ، كما في الشكلِ(4).



الشكلُ (4): الرابطةُ التساهميةُ في جزيءِ الماءِ H_2O.



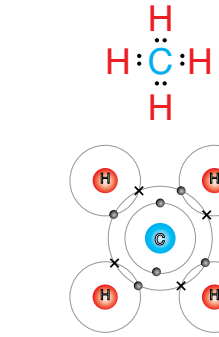


الشكلُ (6): الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6.

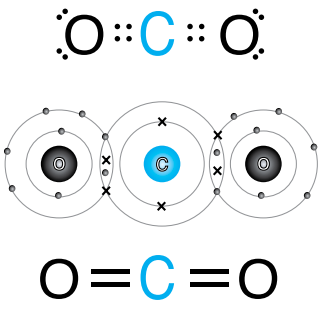
وفي جزيءِ الميثانِ CH_4 فإنَّ ذرَّةَ الكربونِ C تمتلكُ أربعةَ إلكتروناتِ تكافؤٍ تتشاركُ فيها معَ أربعِ ذرّاتِ هيدروجينَ، فتنشأُ أربعُ روابطَ تساهميةٍ أُحاديّةٍ، كما في الشكلِ (5).

قدْ يكونُ الجزيءُ الذي يحتوي على روابطَ تساهميةٍ أحاديةٍ أكثرَ تعقيدًا كما في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6. أنظرُ الشكلَ(6).

الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجيْنِ منِ الإلكتروناتِ كما في جزيءِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2؛ إذْ تحتاجُ ذرَّةُ الكربونِ C إلى أربعةِ إلكتروناتٍ حتّى يكتملَ مستوى طاقَتِها الخارجيِّ، في حينِ تحتاجُ ذرَّةُ الأكسجينِ O إلى إلكترونيْنِ، وبذلكَ تتشاركُ ذرَّةُ الكربونِ معَ ذرَّتَيْ أكسجينَ، فتنشأُ رابطةٌ تساهميةٌ ثنائيةٌ (إحداهُما سيجما σ، والأُخرى تُسمّى باي π) بينَ ذرَّةِ الكربونِ وكلِّ ذرَّةٍ منْ ذرَّتَيِ الأكسجينِ، كما في الشكلِ (7).



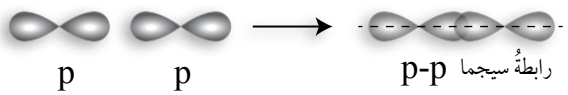
الشكلُ (5): الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ في جزيءِ الميثانِ CH_4.



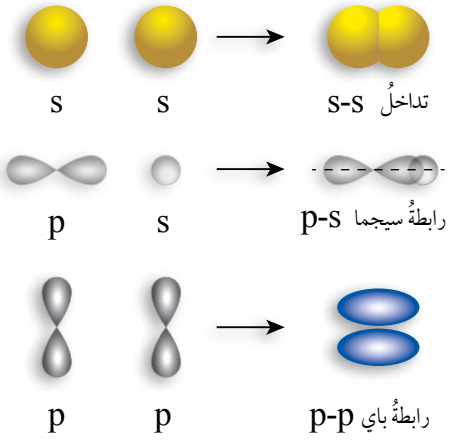
الشكلُ (7): الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ في جزيءِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2.

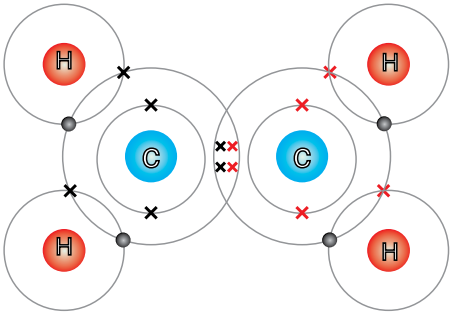
الرابطةُ سيجما والرابطةُ باي:

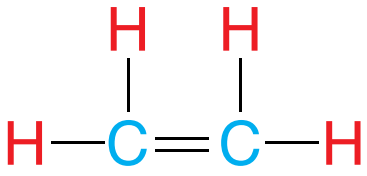
الرابطةُ سيجما: تنشأُ هذهِ الرابطةُ منَ التداخلِ الرأسيِّ بينَ فَلَكَيْ (s-s)، أوْ فَلَكَيْ (p-p)، أوْ فَلَكَيْ (s-p)، كما يظهرُ في ما يأتي:



الرابطةُ باي: تنشأُ هذهِ الرابطةُ منَ التداخلِ الجانبيِّ بينَ فَلَكَيْ (p-p)؛ إذْ تُمثِّلُ منطقةُ تداخلِ الفَلَكيْنِ أكبرَ احتمالٍ لوجودِ زوجِ الإلكتروناتِ فيها، كما يظهرُ في ما يأتي:







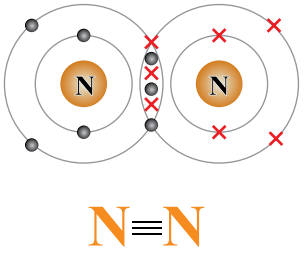
الشكلُ (8): الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ في جزيءِ الإيثينِ C_2H_4.

ومثلُ ذلكَ أيضًا جزيءُ الإيثينِ C_2H_4؛ إذْ تشتركُ ذرَّتا الكربونِ بزوجينِ منَ الإلكتروناتِ فيما بينَهُما، كما هو موضَّحٌ في الشكلِ (8).

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 إلكتروناتٍ 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 (9).

بوجهٍ عامٍّ، يُمكِنُ تلخيصُ عددِ الروابطِ التساهميةِ التي تُكوِّنُها ذرّاتُ العناصرِ في كلِّ مجموعةٍ منَ الجدولِ الدوريِّ، كما في الجدولِ (2):

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



الشكلُ (9): الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ في جزيءِ النتروجينِ N_2.

أذكرُ عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرَ الرابطةِ على ذرَّةِ N الواحدةِ.

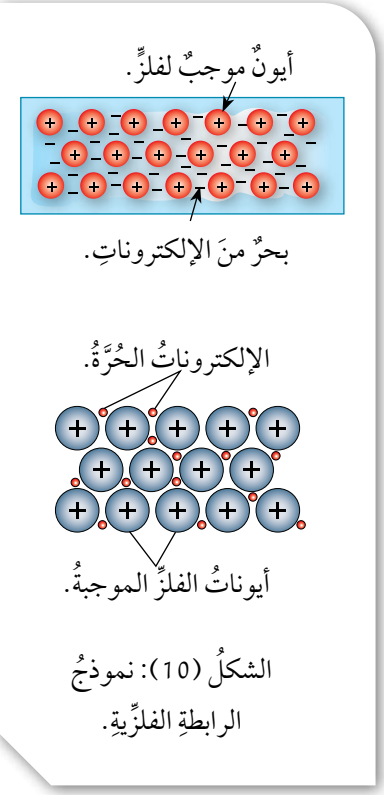
أفكِّرُ: أوضِّحُ كيفَ تتكوَّنُ الروابطُ في جزيءِ HCN؟

الجدولُ (2): عددُ الروابطِ التساهميّةِ بوجهٍ عامٍّ، التي تُكوِّنُها ذرّاتُ عناصرِ المجموعاتِ.

رقمُ المجموعةِ	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
عددُ الروابطِ التساهميةِ التي تُكوِّنُها	-	-	-	4	3	2	1	-

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 (10).

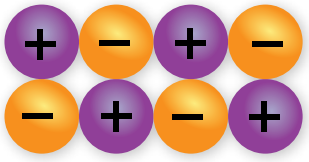
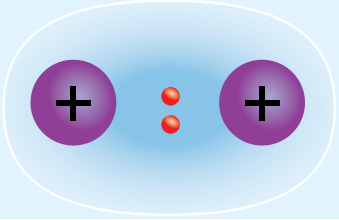
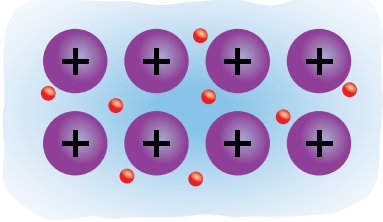


الشكلُ (10): نموذجُ الرابطةِ الفلزِّيةِ.

يُمثِّلُ الجدولُ (3) مقارنةً بينَ الرابطةِ الأيونيةِ، والرابطةِ التساهميةِ، والرابطةِ الفلزِّيةِ، منْ حيثُ التجاذبُ الحاصلُ في كلٍّ منْها.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بالرابطةِ الفلزِّيةِ؟

الجدولُ (3): مقارنةٌ بينَ الروابطِ: التساهميّةِ، والأيونيّةِ، والفلزيّةِ.

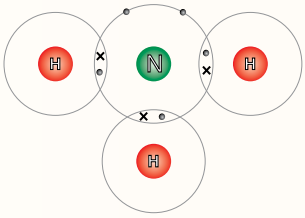
نوعُ الرابطةِ	نموذجٌ توضيحيٌّ	التجاذبُ	مثالٌ
الأيونيةُ		الأيوناتُ الموجبةُ والأيوناتُ السالبةُ لذرّاتِ فلزٍّ ولافلزٍّ.	NaCl
التساهميةُ		النواةُ الموجبةُ والإلكتروناتُ المشتركةُ بينَ الذرَّتَيْنِ.	Cl_2
الفلزِّيةُ		أيوناتُ الفلزِّ الموجبةُ والإلكتروناتُ حرَّةُ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ.	Na

مراجعةُ الدرسِ

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

2. **أُطبِّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الذرّاتِ الآتيةِ، ثمَّ أتوقَّعُ التغيُّرَ الذي ينبغي حدوثُهُ؛ لتمتلكَ كلُّ ذرَّةٍ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ:
   - النتروجينُ.
   - الكبريتُ.
   - الليثيومُ.

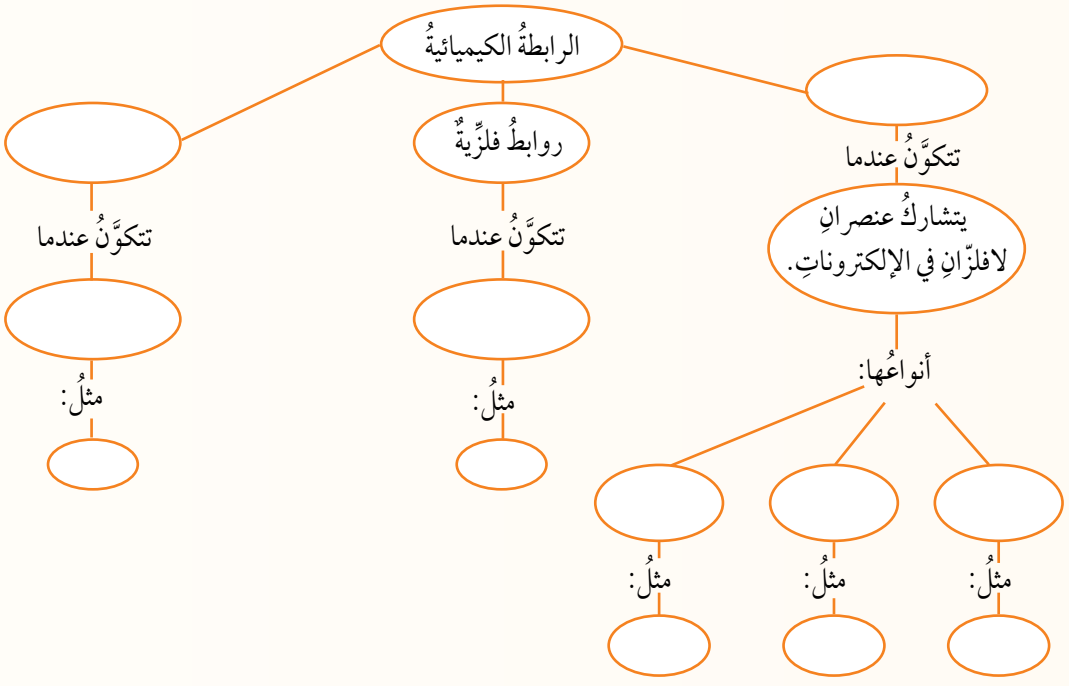
3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ جزيءَ الأمونيا:



   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:



الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ

Chemical Formulas and Compounds Properties

الدرسُ 2

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

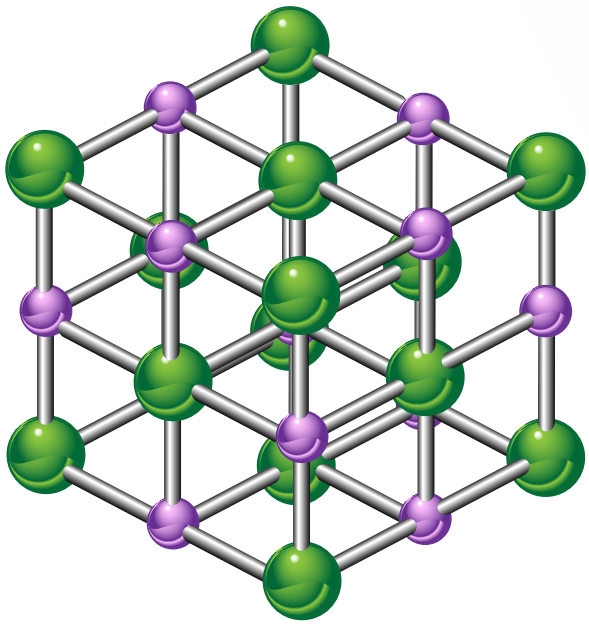
الصيغُ الكيميائيةُ
Chemical Formula

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 (11).

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 (11): نموذجُ بلّورةِ المُركَّبِ الأيونيِّ.

أُفسِّرُ النسبةَ بينَ أيوناتِ الصوديومِ إلى أيوناتِ الكلوريدِ في البلّورةِ.

الجدولُ (4): درجاتُ الانصهارِ والغليانِ لمُركَّبَيِ NaCl، وَ MgO.		
اسمُ المُركَّبِ	درجةُ الانصهارِ (°C)	درجةُ الغليانِ (°C)
NaCl	801	1413
MgO	2852	6300

تمتازُ المُركَّباتُ الأيونيـةُ أيضًا بارتفاعِ درجاتِ انصهارِها وغليانِها Melting and Boiling Points؛ لأنَّ التغلُّبَ على قوى التجـاذبِ بينَ الأيونـاتِ الموجبـةِ والأيونـاتِ السـالبةِ يتطلَّبُ وجـودَ طاقـةٍ كبيرةٍ. أنظرُ الجـدولَ (4) الـذي يُبيِّـنُ درجـاتِ الانصهـارِ والغليـانِ لمُركَّبَيِ NaCl، وَ MgO.

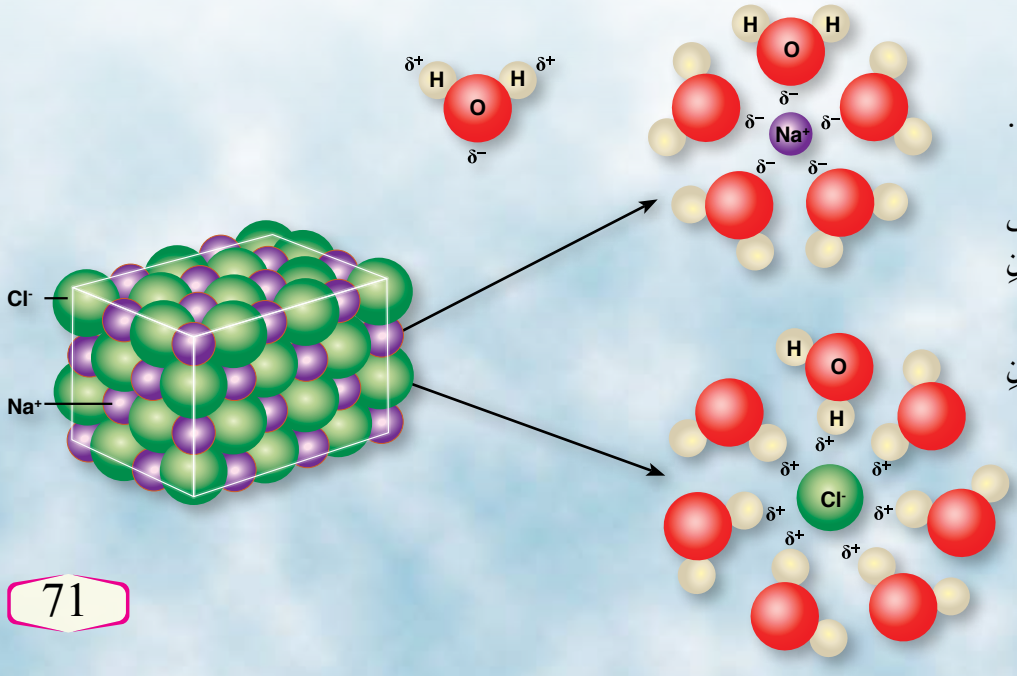
يُلاحَظُ منَ الجـدولِ أنَّ درجتَـيِ الانصهارِ والغليـانِ لمُركَّبِ MgO الذي يحملُ الشحنـاتِ $Mg^{2+}O^{2-}$ أعلى منْهما للمُركَّبِ NaCl الذي يحملُ الشحناتِ $Na^{+}Cl^{-}$؛ لأنَّ زيادةَ الشحنـاتِ علـى الأيونـاتِ تؤدي إلى زيادةِ قُـوَّةِ التـجاذبِ بيْنَها، فتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ للتغلُّبِ عليْها.

تمتـازُ المُركَّباتُ الأيونيـةُ بذائبيةٍ Solubility عاليـةٍ في المـاءِ؛ إذْ تـذوبُ بسهولـةٍ بسببِ قـدرةِ جزيئـاتِ المـاءِ على عمـلِ تجـاذبٍ مـعَ أيوناتِ البلّورةِ، كما في الشكلِ (12)؛ ما يؤدي إلى فصلِ الأيوناتِ عنِ البلّورةِ، فتصبحُ حُرَّةَ الحركةِ بينَ جزيئاتِ الماءِ.

الربطُ بالحياةِ

أُكسيدُ المغنيسيومِ MgO

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



الشكلُ (12): 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.

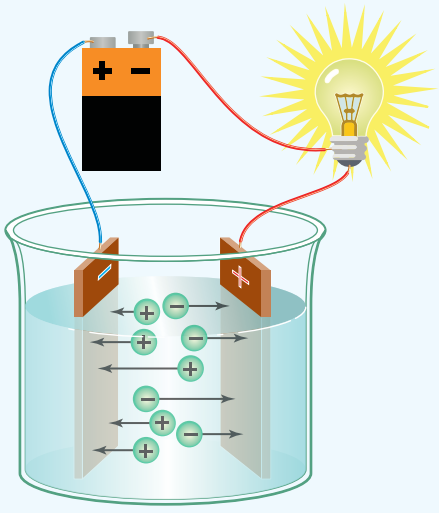
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ مريولِ المختبرِ، ولبسُ القفازيْنِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُكوِّنُ دارةً كهربائيةً موصولةً إلى قطبَيْ جرافيتَ.
2. **أُلاحِظُ:** أضعُ 50g منْ ملحِ الطعامِ في وعاءٍ، ثمَّ أغمسُ قطبَي 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 قطبَي الجرافيتِ في المحلولِ، وأُلاحِظُ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

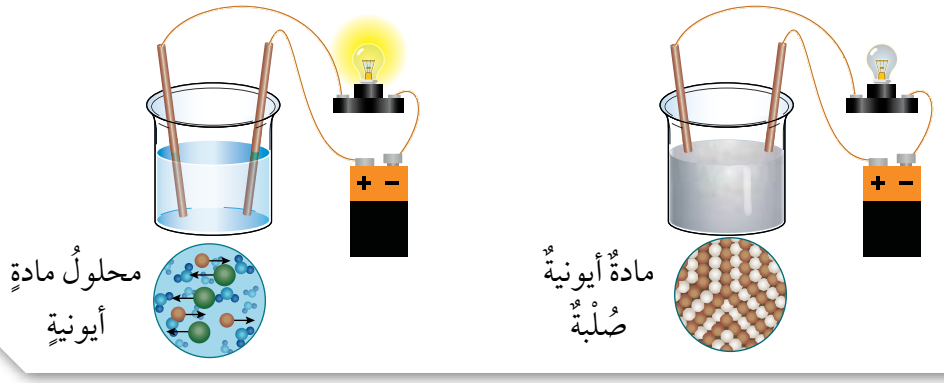
أُفَسِّرُ إضاءةَ المصباحِ في حالةِ المحلولِ.



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 (13).

أتحقَّقُ: أُفسِّرُ ارتفاعَ درجةِ انصهارِ المركّباتِ الأيونيّةِ.



مادةٌ أيونيةٌ صُلْبَةٌ

محلولُ مادةٍ أيونيةٍ

الشكلُ (13): التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّبِ الأيونيِّ.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمُركّباتِ التساهميةِ

Physical Properties of Molecular Compounds

تُسمّى الموادُّ التي تحتوي على روابطَ تساهميةٍ **المُركّباتِ التساهميةَ (الجزيئيةَ)** **Covalent (Molecular) Compounds**. وهيَ توجدُ بإحدى الحالاتِ الفيزيائيةِ الثلاثِ (الصُّلْبةُ، السائلةُ، الغازيةُ). تمتلكُ المُركباتُ التساهميةُ البسيطةُ درجاتِ انصهارٍ وغليانٍ منخفضةٍ مقارنةً بالمُركّباتِ الأيونيةِ؛ ما يجعلُها مُركّباتٍ 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 برنامج movie maker، ثمَّ أعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصّفِ.

التجربةُ 2

التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركّباتِ التساهميةِ

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

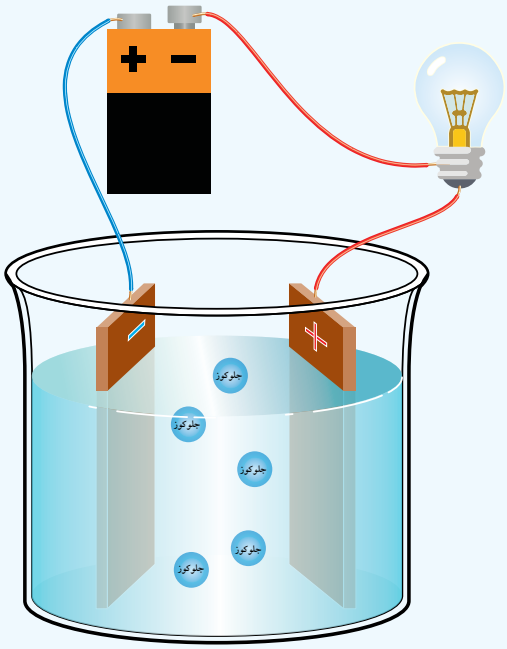
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ مريولِ المختبرِ، ولبسُ القفازيْنِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينيْنِ، والحذرُ عندَ تسخينِ الوعاءِ.

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 الحالتيْنِ: الصُّلبةِ، والمحلولِ.



سُكَّرُ الجلوكوزِ

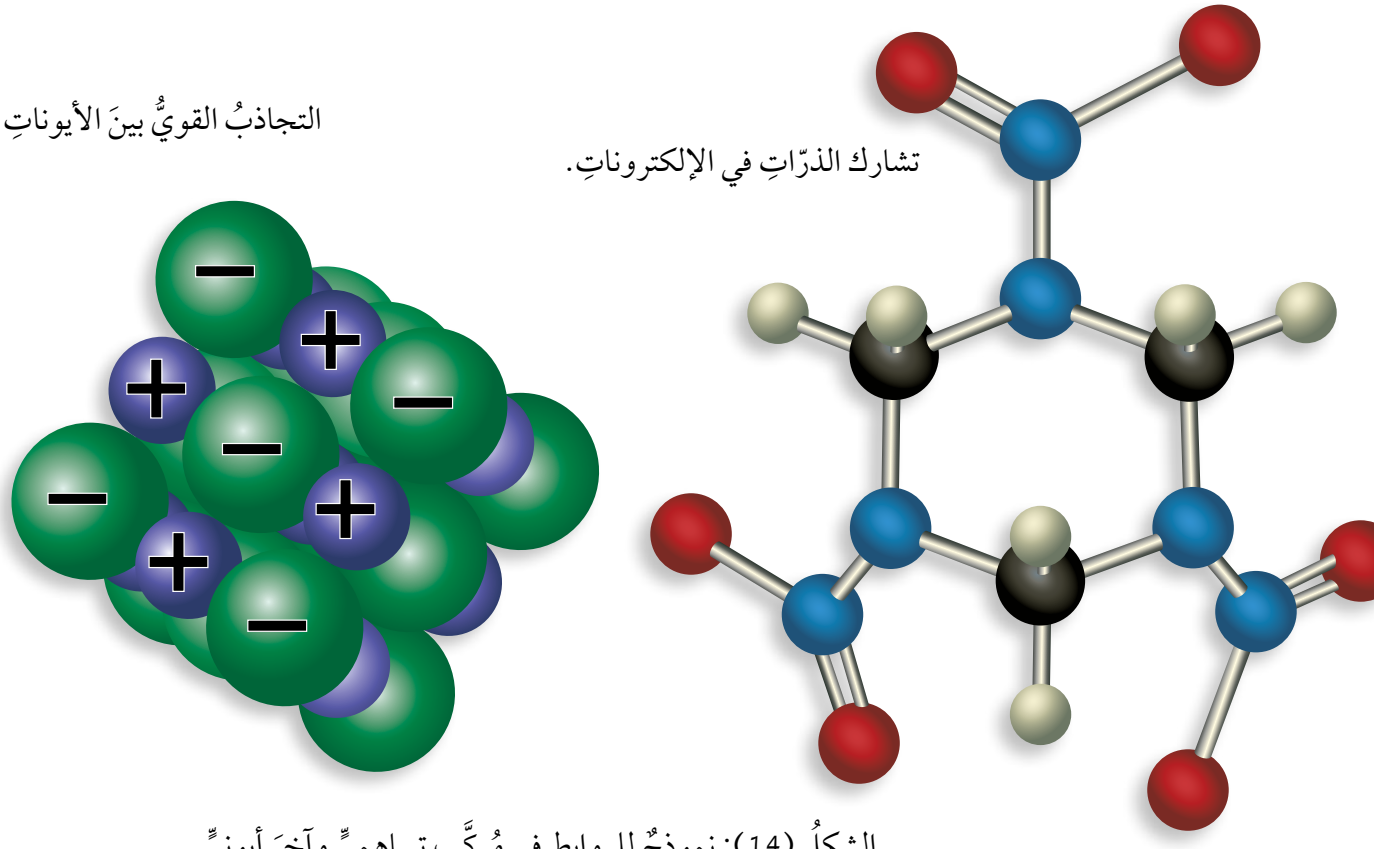
الجدولُ (5):	مقارنةٌ بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ.	
الخاصيةُ	المُركَّباتُ الأيونيةُ	المُركَّباتُ التساهميةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ:	عاليةٌ.	منخفضةٌ غالبًا.
التطايرُ:	غيرُ مُتطايِرةٍ.	مُتطايِرةٌ.
الذائبيةُ في الماءِ:	تذوبُ في الماءِ.	لا تذوبُ غالبًا في الماءِ.
توصيلُ الكهرباءِ 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 (5) 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.

تشارك الذرّاتِ في الإلكتروناتِ.

التجاذبُ القويُّ بينَ الأيوناتِ.



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

الخصائصُ الفيزيائيةُ للفلزّاتِ Physical Properties for Metals

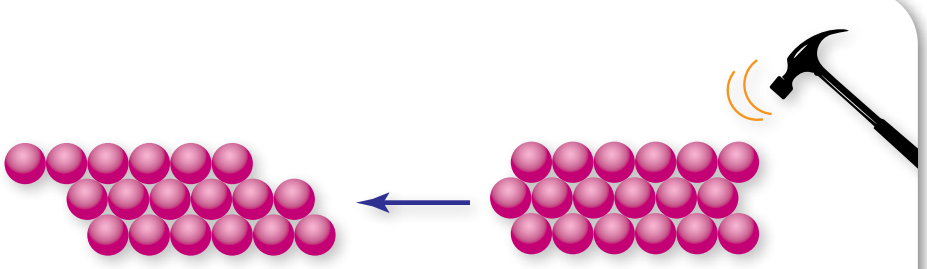
تُستخدَمُ الفلزّاتُ كثيرًا في مجالاتٍ عِدَّةٍ منْ حياتِنا اليوميةِ. والفلزّاتُ موادُّ صُلْبةٌ (ما عدا الزئبقَ؛ فهوَ سائلٌ) تمتازُ بأنَّها لامعةٌ Shiny، وقابلةٌ للطَّرْقِ Malleable، والسَّحْبِ Ductile. فعندَ طَرْقِ فلزٍّ ما تتكوَّنُ صفائحُ، وعندَ سَحْبِهِ تتكوَّنُ أسلاكٌ. وهذا يعني أنَّ بلّورةَ الفلزِّ لا تتكسَّرُ؛ لأنَّ صفوفَ الأيوناتِ الموجبةِ ينزلقُ بعضُها عنْ بعضٍ، لكنَّها تظلُّ في بحرِ الإلكتروناتِ نفسِهِ. أنظرُ الشكلَ (15).

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؛ لحشْوِ 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 (15): 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 (6) 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 (6): 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	$C^{4\pm}$		

الجدول (7): 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 الذرّاتِ (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 (7) الذي يُبيِّنُ اسمَ المجموعةِ الأيونيةِ، ورمزَها، وشحنتَها، وتكافؤَها.

وبالطريقةِ السابقةِ نفسِها، فإنَّ المجموعةَ الأيونيةَ السّالبةَ تُسمّى أولًا، يليها اسمُ الأيونِ الموجبِ. فمثلًا، يُسمّى المُركَّبُ $CaSO_4$ كبريتاتِ الكالسيومِ. ولكتابةِ صيغتِهِ الكيميائيةِ، يجبُ معرفةُ رموزِ العناصرِ التي يتكوَّنُ 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. حذفُ التكافؤِ في حالِ 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:

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:

5. القسمةُ على الرقمِ الأصغرِ، وهوَ في هذهِ الحالةِ (2)؛ للحصولِ على أبسطِ قيمةٍ 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.

السالبيةُ الكهربائيةُ وأنواعُ الروابطِ الكيميائيةِ

Electronegativity and Types of Chemical Bonds

درسْتُ سابقًا أنَّ السالبيةَ الكهربائيةَ Electronegativity للذرَّةِ تصفُ قدرةَ الذرَّةِ على جذْبِ إلكتروناتِ الرابطةِ نحوَها عندَ ارتباطِها بذرَّةٍ أُخرى؛ لذا، فإنَّ نوعَ الرابطةِ الكيميائيةِ بينَ الذرَّتيْنِ يعتمدُ على مقدارِ الفرقِ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَهما، أنظرُ الجدولَ (8)، وفقًا لمقياسِ باولنج Pauling Scale الأكثرِ شيوعًا. في هذا المقياسِ يكونُ عنصرُ الفلورِ F هوَ أعلى العناصرِ منْ حيثُ السالبيةُ الكهربائيةُ؛ إذْ تبلغُ 4.1، ويكونُ عنصرُ الفرانسيومِ Fr أقلَّها؛ إذْ تبلغُ 0.7، وتتراوحُ قيمُ السالبيةِ الكهربائيةِ للعناصرِ الباقيةِ في الجدولِ الدوريِّ بينَ هاتيْنِ القيمتيْنِ.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ (8) أنَّ الرابطةَ التساهميةَ تتكوَّنُ عندما يتراوحُ الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ بينَ (0) و (2)، أمّا إذا كانَ الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ أكبرَ منْ 2 فإنَّ الرابطةَ تكونُ أيونيةً.

✓ **أتحقَّقُ:** إذا كانَ فرقُ السّالبيَّةِ الكهربائيّةِ بينَ الذّرّتيْنِ المُكوّنتينِ للرّابطةِ C-N يساوي 0.6 فما نوعُ هذهِ الرّابطةِ؟

الجدولُ (8): نوعُ الرابطةِ بِحسبِ الفرقِ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ الذرّاتِ.	
الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ	نوعُ الرابطةِ المُتكوِّنةِ
منْ (0) إلى (2):	تساهميةٌ.
أكبرُ منْ (2):	أيونيةٌ.

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. أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ: نتراتُ الصوديومِ، كبريتاتُ المغنيسيومِ، أكسيدُ الكالسيومِ.

5. **أُفسِّرُ:** يصعبُ الفصلُ بينَ الأيوناتِ السالبةِ والأيوناتِ الموجبةِ في البلّورةِ الأيونيةِ.

6. **أتنبأ** بتكافؤِ كلٍّ منَ المجموعتيْنِ: NH_4 وَ CrO_4 في المُركَّبِ الآتي: $(NH_4)_2CrO_4$؟

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:
   أ . رابطةٌ تساهميةٌ أحاديةٌ.
   ب . رابطةٌ تساهميةٌ ثنائيةٌ.
   جـ . رابطةٌ أيونيةٌ.
   د . رابطةٌ فلزِّيةٌ.

2. نوعُ الرابطةِ بينَ ذرّاتِ عنصرِ الصوديومِ Na:
   أ . رابطةٌ تساهميةٌ أحاديةٌ.
   ب . رابطةٌ تساهميةٌ ثنائيةٌ.
   جـ . رابطةٌ أيونيةٌ.
   د . رابطةٌ 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 ، 1π.

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 أكبرَ منِ 2 وفقًا لمقياسِ باولنج، فإنَّ الرابطةَ المُتوقَّعةَ هيَ:
   أ . فلزيةٌ.
   ب . أيونيةٌ.
   جـ . تساهميةٌ أحاديةٌ.
   د . تساهميةٌ ثلاثيةٌ.

11. إذا كانَ التمثيلُ النقطيُّ لعنصرٍ هوَ ($\cdot\dot{\underset{\cdot}{\overset{\cdot}{X}}}\cdot$)، 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، تركيبُ لويس.

3. **أُقارِنُ** 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. **أدرسُ** المعادلةَ الكيميائيةَ الموزونةَ الآتيةَ جيدًا:
$2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$، ثمَّ:
أ . أُمثِّلُ الموادَّ المتفاعلةَ في تركيبِ لويس.
ب . أُمثِّلُ الموادَّ الناتجةَ في تركيبِ لويس.
جـ . أُوضِّحُ كيفَ وَصلَتْ ذرَّةُ الكالسيومِ Ca إلى توزيعٍ إلكترونيٍّ يُشْبِهُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ.
د . أَجِدُ تكافؤَ كلٍّ منْ ذرَّتَي الكالسيومِ والأكسجينِ.

5. **أكتبُ** الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ:
نتراتُ الأمونيومِ، هيدروكسيدُ الحديدِ (II)، كبريتاتُ الكالسيومِ.

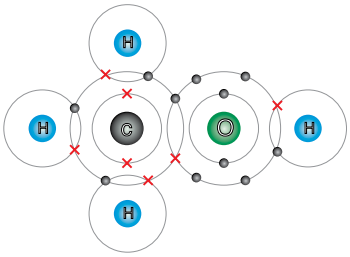
6. **أُصمِّمُ تجربةً** أُميِّزُ فيها بينَ مُركَّبِ بروميدِ البوتاسيومِ KBr وشمعِ البارفينِ.

7. **أُفسِّرُ** ما يأتي:
أ . الفلزّاتُ موصلةٌ جيدةٌ للتيارِ الكهربائيِّ.
ب . درجةُ انصهارِ مُركَّبِ أكسيدِ المغنيسيومِ MgO أعلى منْ درجةِ انصهارِ مُركَّبِ كلوريدِ الصوديومِ NaCl.

8. **أُفسِّرُ** سببَ عدمِ قابليةِ المُركَّباتِ الأيونيةِ للطَرْقِ والسَّحْبِ، مُستعينًا بنموذَجِ الرابطةِ الفلزِّيَّةِ.

9. **أستنتجُ** كيفَ تتكوَّنُ الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ والثنائيةُ والثلاثيةُ في المُركَّباتِ الآتيةِ:
HCl, C_2H_2, O_2، مُستخدِمًا تركيبَ لويس.

10. **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.
جـ . أذكرُ عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ الرابطةِ.
د . أُمثِّلُ الجزيءَ باستخدامِ تركيبِ لويس.

11. **أتوقَّعُ** تكافؤَ كلٍّ منْ: ClO_3 و Al في المركَّبِ الآتي: $Al(ClO_3)_3$.

12. أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبٍ يكونُ فيهِ تكافؤُ النحاسِ 2، ومُركَّبٍ آخرَ يكونُ فيهِ تكافؤُ النحاسِ 1.

13. **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.
ج . B بعضُها معَ بعضٍ.
د . E بعضُها معَ بعضٍ.

14. **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؟

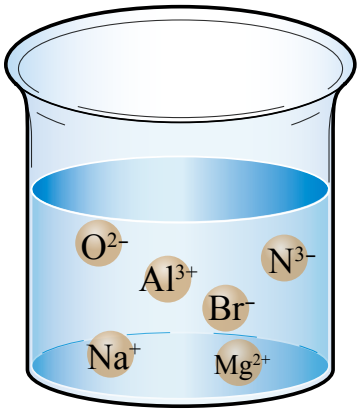
د . روابطُها تساهميةٌ أحاديةٌ؟

هـ . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثنائيةً؟

و . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثلاثيةً؟

15. **أُصمِّمُ خريطةً مفاهيميةً:** درَسْتُ في الوحدةِ الثانيةِ المفاهيمَ الأساسيةَ الآتيةَ، أُصمِّمُ خريطةً مفاهيميةً مناسبةً لتحديدِ العلاقاتِ بينَ هذهِ المفاهيمِ:

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



الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ

الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ

تركيبُ لويس

أيونٌ سالبٌ

الرابطةُ الأيونيةُ

الرابطةُ التساهميةُ

أيونٌ موجبٌ

الروابطُ الكيميائيةُ

مُركَّبٌ أيونيٌّ

الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ

الصيغُ الكيميائيةُ

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.
- **الألفةُ الإلكترونيةُ Electron Affinity**: مقدارُ التغيُّرِ في طاقةِ الذرَّةِ المُتعادِلةِ المُقترِنُ بإضافةِ إلكترونٍ إليْها في الحالةِ الغازيةِ.
- **بحرُ الإلكتروناتِ Sea of Electrons**: إلكتروناتُ التكافؤِ لذرّاتِ الفلزِّ في البلّورةِ التي تحيطُ بالأيوناتِ الموجبةِ في الاتجاهاتِ جميعِها.
- **التردُّدُ Frequency (v):** عددُ الموجاتِ التي تمرُّ بنقطةٍ في ثانيةٍ، ويقاسُ بالهيرتز (Hz).
- **تركيبُ لويس Lewis Structure**: التمثيلُ النقطيُّ لإلكتروناتِ التكافؤِ، وفيهِ يُرمَزُ إلى كلِّ إلكترونِ تكافؤٍ بنقطةٍ واحدةٍ توضَعُ على رمزِ العنصرِ.
- **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 الأيونيةُ Ionic Bond**: القُوَّةُ التي تجذبُ الأيوناتِ ذاتَ الشحناتِ المُختلِفةِ في المُركَّباتِ.
- **الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond**: قُوَّةُ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond**: الرابطةُ الكيميائيةُ الناتجةُ منْ تشاركِ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ منَ العناصرِ اللافلزِّيةِ بزوجٍ أوْ أكثرَ منَ الإلكتروناتِ.
- **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.

- **الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds**: قُوَّةُ تجاذبٍ تنشأُ بينَ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ عندَ ارتباطِ بعضِها ببعضٍ.
- **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 الكهرمغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum**: جميعُ الأطوالِ الموجيةِ التي يتكوَّنُ منْها الضوءُ.
- **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.
- **العددُ الذرِّيُّ Atomic Number**: عددُ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ، وهوَ يساوي عددَ الإلكتروناتِ في الذرَّةِ المُتعادِلةِ.

- **العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements**: عناصرُ تقعُ في وسطِ الجدولِ الدوريِّ، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في توزيعِها الإلكترونيِّ إلى المستوى الفرعيِّ d أوْ f.
- **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.
- **الفَلَكُ Orbital**: منطقةٌ فراغيةٌ حولَ النواةِ، يكونُ فيها احتمالُ وجودِ الإلكتروناتِ أكبرَ ما يُمكِنُ.
- **الفوتوناتُ Photons**: جسيماتٌ ماديةٌ متناهيةٌ في الصغرِ تُمثِّلُ الوحداتِ الأساسيةَ المُكوِّنةَ للضوءِ، ويحملُ كلٌّ منْها مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ.
- **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 الاستبعادِ لباولي Pauli Exclusion Principle**: عدمُ وجودِ إلكترونيْنِ في الذرَّةِ نفسِها، لهُما نفسُ قيمِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ.
- **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.
- **مستوى الطاقةِ Energy Level**: منطقةٌ تحيطُ بالنواةِ، وفيها توجدُ الإلكتروناتُ، وتتحدَّدُ طاقةُ الإلكترونِ ومُعدَّلُ بُعْدِهِ عنِ النواةِ.
- **المعادلةُ الموجيةُ Wave Equation**: معادلةٌ رياضيةٌ تصفُ بوجهٍ عامٍّ حركةَ الأمواجِ بأشكالِها المُختلِفةِ.
- **نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius**: نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ متجاورتيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ.

قائمةُ المراجعِ

أولًا- المراجعُ العربيةُ:

- إبراهيم صادق الخطيب، مصطفى تركي عبيد، **الكيمياء العامة**، دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمّان، 2004م.
- جيمس برادي، جيرارد هيوم ستون، **الكيمياء العامة والمبادئ والبنية**، ج1، ترجمة سليمان سعسع ومأمون الحلبي، نيويورك، جون ويلي للنشر، 1992م.
- خليل حسام، **موسوعة الكيمياء الشاملة**، دار أسامة للنشر، ج2، 2009م .
- صالح محمد، صابر محمد، عثمان عثمان، **أسس ومبادئ الكيمياء**، ج2، الدار العربية للنشر، 2000م.
- محمد إسماعيل الدرملي، **الدليل في الكيمياء: الكيمياء العامة؛ ماهيتها، عناصرها**، دارالعلم والإيمان ودار الجديد للنشر والتوزيع، 2018م.

ثانيًا- المراجعُ الأجنبيةُ:

- Brady, Russell, Holum, **Chemistry Matter and its Change**, 3rd Ed, Wiley,2000.
- Ebbing ,Gammon, **General Chemistry**, 10th Ed, Houghton Mifflin Company, 2011.
- McQuarrie, Donald, et al. **Colligative Properties of Solutions**" General Chemistry, Mill Valley: Library of Congress, 2011.
- Myers, Thomas, Oldham, **Chemistry**, Online Ed, Holt, Rinehart Winston, 2006.
- Raymond Change, **Chemistry**, 10th Edition, Singapore,2010.
- Stevens Zumdal,**Chemistry**,7th Ed, Boston, NewYork, 2007
- Sunley, Chris and Goodman, Sam, Collins International Cambridge IGCSE **Chemistry**, Collins, 2014.
- Winter, Mark J, **Chemical Bonding** , Oxford 2004 .

Collins