المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم، وبعد؛ فهذا كتاب الكيمياء للصف العاشر، الذي جاء مُتمِّمًا لما تعلَّمه الطلبة في الصفوف السابقة، ومُتكامِلًا مع ما سيتعلَّمونه في مباحث العلوم المختلفة، وفق منهج تربوي حديث يهدف إلى التزوُّد بالمعرفة والمهارات الأساسية في علم الكيمياء.

روعي في هذا الكتاب عرض المحتوى بأسلوب تربوي شائق، يتيح للطلبة توظيف مهارات البحث العلمي، والاستقصاء، والتفكير الإبداعي الناقد، والملاحظة، وتحليل البيانات، والاستنتاج، وغير ذلك من مهارات القرن الحادي والعشرين؛ تأكيدًا لدورهم الرئيس في عملية التعلُّم.

اشتمل الكتاب على ثلاثُ وحداتٍ، هي:بنيةُ الذرةِ وتركيبها،التوزيعُ الالكترونيِ والدورية، والمُركَّبات والروابط الكيميائية. وقد حوت كلٌّ منهما عددًا من الأنشطة العملية، والموضوعات الإثرائية المساندة للمحتوى العلمي، ومجموعةً من الأسئلة المباشرة بعد كل فقرة، فضلًا عن أسئلة التفكير العليا التي تثير تفكير الطلبة وتُحفِّزهم على عملية التعلُّم، وأُخرى تحاكي أسئلة الاختبارات الدولية بيزا Pisa. اشتمل الكتاب أيضًا على فقرات تربط المحتوى العلمي بواقع الحياة، وبمباحث العلوم المختلفة وفق منحى Steam.

أُلحِقَ بهذا الكتاب كرّاسةُ التجارب والأنشطة العملية التي بُنِي بعضها على منحى Steam، بدءًا بعرض الأساس النظري لكل تجربة، وبيان خطوات العمل وإرشادات السلامة، وانتهاءً بأسئلة التحليل والاستنتاج، والأسئلة التي تحاكي أسئلة الاختبارات الدولية؛ تأكيدًا لتحقيق أهداف كل تجربة.

نسأل الله عَزَّ وجَلَّ أن يكون هذا العمل نافعًا مفيدًا لطلبتنا، ويُحقِّق الأهداف التربوية المنشودة.

www.jnob-jo.com

www.jnob-jo.com

الْوَحْدَةُ 1

بنيةُ الذرةِ وتركيبها

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؟

www.jnob-jo.com

الفكرةُ العامَّةُ:

لكلِّ ذرَّةٍ تركيبٌ خاصٌّ بها يُحدِّدُ خصائصَها الفيزيائيةَ والكيميائيةَ.

الدرس الأول: نموذجُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ

الفكرة الرئيسة: ينبعثُ الضوءُ منْ ذرّاتِ العناصرِ بتردُّداتٍ مُعيَّنةٍ اعتمادًا على تركيبِها وبِنيتِها.

الدرس الثاني: النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ

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

www.jnob-jo.com

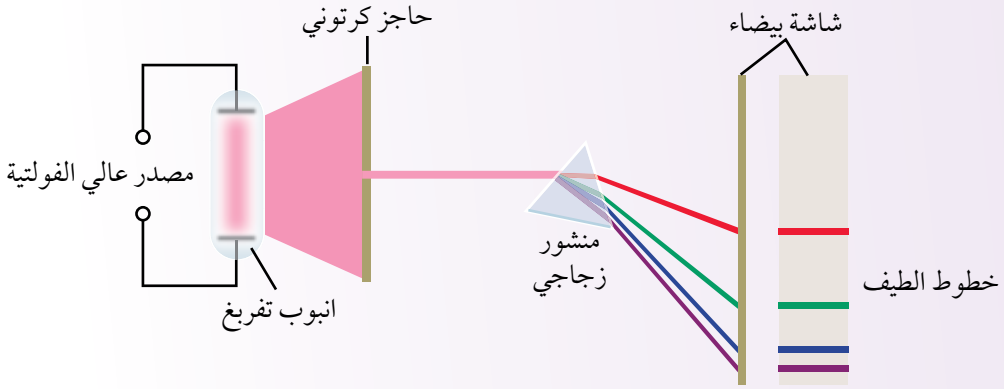
الطيفُ الذرِّيُّ

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. أَعملُ شَقًّا مستطيلًا رفيعًا في حاجزِ الكرتونِ، طولُهُ 2 سم.
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 الضوئِ، ثمَّ أُكرِّرُ الخطواتِ السابقةَ باستعمالِ ملفِّ رموكورف.



التحليلُ:

١. كيفَ يظهرُ الضوءُ الصادرُ عنِ المصباحِ على الشاشةِ البيضاءِ؟ أَصِفُ ذلكَ.

٢. أَصِفُ الضوءَ الصادرَ عنْ أنبوبِ التفريغِ.

٣. ما الفرقُ بينَ ألوانِ الضوءِ الصادرةِ في كلتا الحالتيْنِ؟

www.jnob-jo.com

الدرس 1

نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجين
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 التعلم:
أستكشفُ الذرَّةَ، ومراحلَ تطوُّرِها.

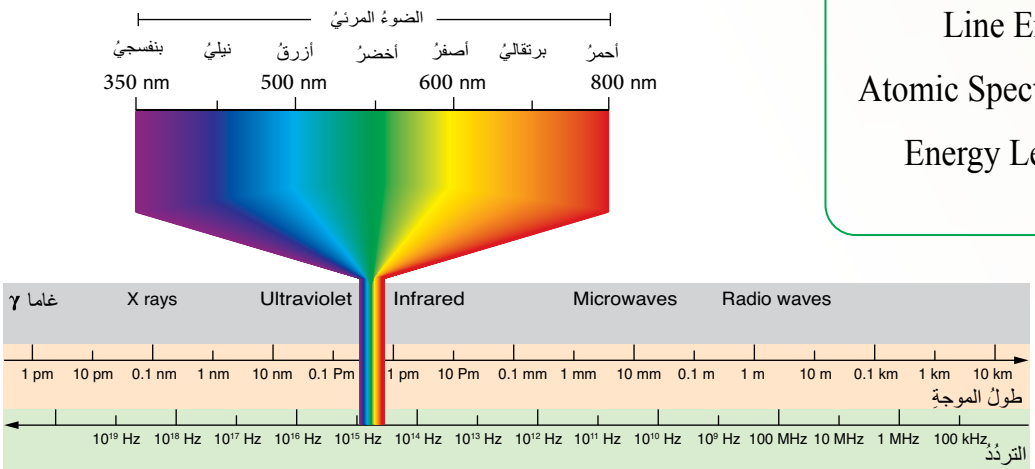
المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum
الطيفُ المتصلُ Continues Spectrum
الطيفُ المرئيُّ Visible Spectrum
الطيفُ غيرُ المرئيِّ Invisible Spectrum
طولُ الموجةِ Wavelength
التردُّدُ Frequency
الذرَّةُ المثارةُ Exited Atom
الكَمُّ Quantum
الفوتونُ Photon.
الطيفُ الخطِّيُّ Line Spectrum
طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ Line Emission Spectrum
الطيفُ الذرِّيُّ Atomic 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 أولًا تعرُّفُ الضوءِ وخصائصِهِ، أوْ ما يُسمّى الطيفَ الكهرومغناطيسيَّ.

الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum

ينتشرُ الضوءُ في الفراغِ بسرعةٍ ثابتةٍ على شكلِ أمواجٍ يُمكِنُ وصفُها عنْ طريقِ أطوالِها الموجيةِ وتردُّدِها؛ إذْ تتفاوتُ هذهِ الأطوالُ الموجيةُ تفاوُتًا كبيرًا، فبعضُها يتناهى في الصغرِ مثلُ أشعةِ غاما، ويقاسُ بالأجزاءِ منَ المترِ (النانومترُ)، وبعضٌ آخرُ أطوالُهُ كبيرةٌ، وهوَ يقاسُ بالأمتارِ أوِ مئاتِ الأمتارِ مثلُ أمواجِ الراديو والتلفازِ.
يُطلَقُ على الضوءِ- في جميعِ أطوالِهِ الموجيةِ وتردُّداتِهِ- اسمُ الطيفِ الكهرومغناطيسيِّ، والشكلُ (1-1) يُبيِّنُ الأطوالَ الموجيةَ والتردُّداتِ المُختلِفةَ للطيفِ الكهرومغناطيسيِّ.



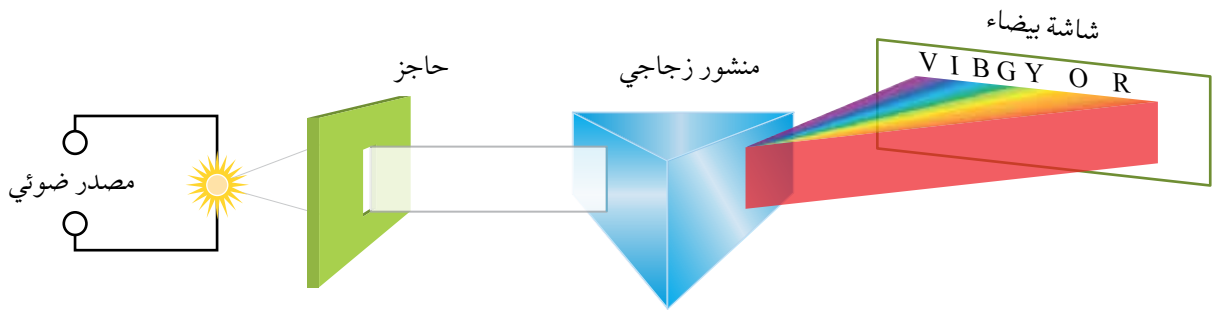
الشكلِ (1-1): الطيفُ الكهرومغناطيسيُ.

www.jnob-jo.com

ينقسمُ الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ إلى قسميْنِ، هما:

أ- **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 الكهرومغناطيسيِّ، 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 المستمرّ Continues Spectrum كما في الشكلِ (2-1/أ). منَ الأمثلةِ على الطيفِ المرئيِّ قوسُ المطرِ الذي يظهرُ في السماءِ نتيجةَ تشتيتِ حبّاتِ المطرِ لضوءِ الشمسِ كما في الشكلِ (2-1/ب).

الشكلِ (2-1/ ب): قوسُ المطرِ.



الشكلِ (2-1/ أ): الطيفِ المستمرّ.

ب- **الطيفُ غيرُ المرئيِّ Invisible Spectrum** : يشملُ جميعَ الأطوالِ الموجيةِ التي يزيدُ طولُها على 800 نانومترٍ، وتقعُ تحتَ الضوءِ الأحمرِ، مثلَ: أمواجِ الراديو والتلفازِ، وأمواجِ الميكروويفِ، وتلكَ التي يقلُّ طولُها عنْ 350 نانومترًا، وتقعُ فوقَ الضوءِ البنفسجيِّ، وتضمُّ أمواجَ الراديو والتلفازِ، وأشعةَ الميكروويفِ التي تُستخدَمُ في تسخينِ الطعامِ وطهيِهِ، والأشعةَ السينيةَ التي يستخدمُها الأطباءُ في تصويرِ أجزاءِ الجسمِ، مثلِ: العظامِ، وبعضِ أجزائِهِ الداخليةِ (التصويرُ الملونُ).

أفسر. تشتت الضوء بعد خروجه من المنشور.

www.jnob-jo.com

وقد أجرى العالِمانِ ماكس بلانك وألبرت أنشتاين تجاربَ عديدةً لدراسةِ الضوءِ وتعرُّفِ طبيعتِهِ، أسفرَتْ عنْ معرفةِ الطبيعةِ المزدوجةِ (موجيةٌ-ماديةٌ) للضوءِ، وانبعاثِهِ منَ الذرّاتِ بتردُّداتٍ مُحدَّدةٍ تُسمّى الكَمَّ Quantum، وتُعرَفُ باسمِ الفوتوناتِ Photons التي يحملُ كلٌّ منْها مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ يتناسبُ طرديًّا معَ تردُّدِهِ، وهي تُعدُّ الوحداتِ الأساسيةِ المكونةِ للضوء. وقدْ عبَّرَ عنْها بلانك بالعلاقةِ الآتيةِ:

العالم ماكس بلانك

$$E = hv$$

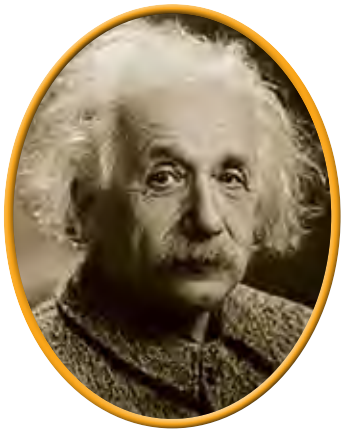
حيثُ:

E: طاقةُ الفوتونِ.

h: ثابتُ بلانك، ويساوي $(6.63\times10^{-34}\ j.s)$.

V: تردُّدُ الضوءِ.

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



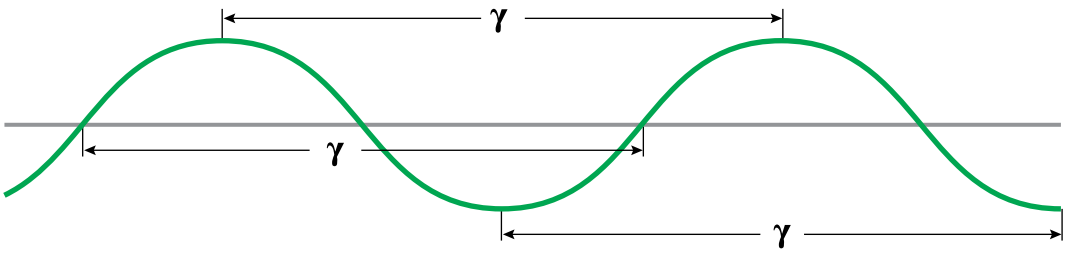
العالم ألبرت أنشتاين

$$c = \lambda v$$

حيثُ:

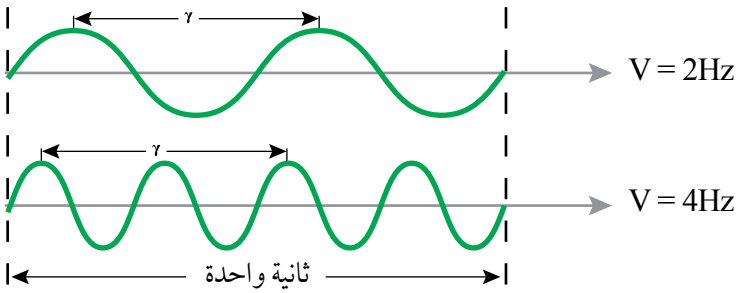
C: سرعةُ الضوءِ، وتساوي $(3\times10^{8}\ m\backslash s)$.

طولُ الموجةِ Wavelength (λ): المسافةُ الفاصلةُ بينَ قِمَّتَيْنِ متتاليتيْنِ،أوْ قاعيْنِ متتاليَيْنِ. وهوَ يقاسُ بالمترِ، أوِ النانومترِ. والشكلُ (3-1) يُبيِّنُ طولَ الموجةِ.



الشكل (3-1): طولَ الموجةِ.

www.jnob-jo.com



الشكل (4-1):
التردُّدَ، وعلاقتَهُ بطولِ الموجةِ.

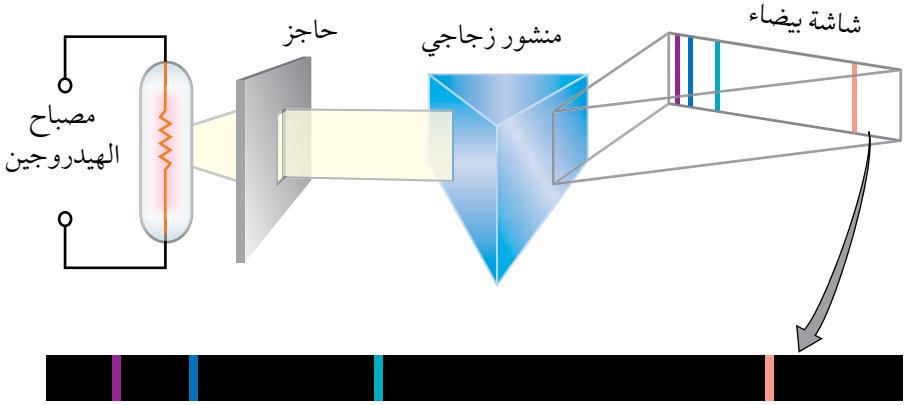
التردُّدُ Frequency (v): عددُ القِممِ التي تمرُّ بنقطةٍ خلالَ ثانيةٍ. وهوَ يقاسُ بالهيرتز (Hz)، ويتناسبُ عكسيًّا معَ طولِ الموجةِ. والشكلُ (4-1) يُبيِّنُ التردُّدَ، وعلاقتَهُ بطولِ الموجةِ.

أقارن. أيها أكبر طول موجة الموجة الأولى أم الثانية.

الطيفُ الذرِّيُّ Atomic Spectrum

لاحظَ العلماءُ أنَّ ذرّاتِ العنصرِ تكتسبُ طاقةً عندَ تسخينِها، فتصبحُ في حالةِ عدمِ استقرارٍ، في ما يُعرَفُ باسمِ الذرّاتِ المثارةِ Exited Atoms ، وأنَّ الذرَّةَ لا تعودُ إلى حالةِ الاستقرارِ إلّا بعدَ فقْدِها الطاقةَ على شكلِ أمواجٍ ضوئيةٍ. وقدْ توقَّعَ العلماءُ أنْ يكونَ الضوءُ الصادرُ عنْ هذهِ الذرّاتِ مُتَّصِلًا. ولكنْ عندَ تحليلِ الضوءِ الصادرِ عنِ الذرّاتِ المثارةِ، مثلِ ضوءِ مصباحِ الصوديومِ، أوْ ضوءِ مصباحِ الهيدروجينِ، تَبيَّنَ أنَّهُ يظهرُ على شكلِ عددٍ منَ الخطوطِ الملونةِ المتباعدةِ، التي يمتازُ كلٌّ منْها بطولِ موجةٍ وتردُّدٍ خاصٍّ بهِ، في ما يُعرَفُ باسمِ الطيفِ المنفصلِ، أوِ **الطيفِ الخطِّيِّ line spectrum**، ويُعرَفُ أيضًا باسمِ **طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ Line Emission Spectrum**. والشكلُ (5-1) يُبيِّنُ الطيفَ الخطِّيَّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

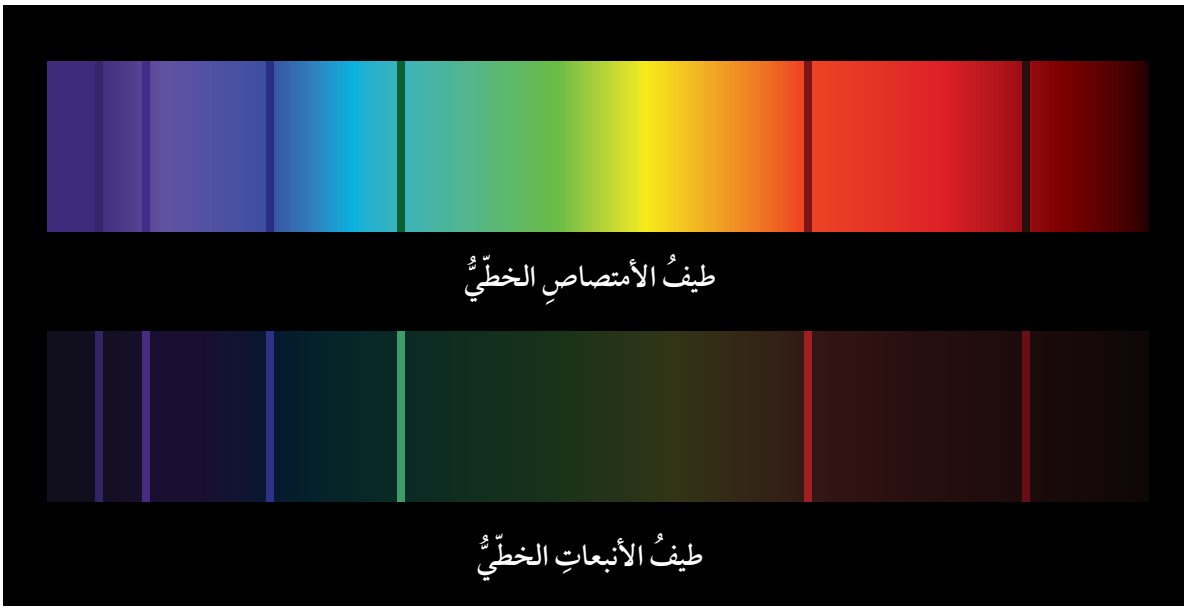
أصف. الوان خطوط الطيف الصادرة عن مصباح الهيدروجين، وأحدد اطوالها الموجية.



الشكل (5-1):
الطيفَ الخطِّيَّ (المنفصلِ) الناتج من تحليل ضوءِ مصباحِ الهيدروجينِ.

www.jnob-jo.com

عندَ تحوُّلِ ذرّاتِ العنصرِ إلى ذرّاتٍ مثارةٍ، فإنَّها تكتسبُ طاقةً على شكلِ إشعاعاتٍ ذات تردُّداتٍ وأطوالٍ موجيةٍ مُحدَّدةٍ، تُسمّى طيفَ الامتصاصِ الخطِّيَّ، الذي يُمكِنُ تعرُّفُهُ بإمرارِ طيفٍ مستمرٍّ (طيفُ الشمسِ مثلًا) خلالَ بخارِ أحدِ العناصرِ، فتمتصُّ ذرّاتُ العنصرِ الخطوطَ الطيفيةَ الخاصةَ بها؛ ما يُظهِرُ طيفَ الامتصاصِ في المطيافِ على شكلِ خطوطٍ معتمةٍ سوداءَ(مناطقُ الامتصاصِ)، وعندَ مقارنتِها في طيفِ الانبعاثِ للعنصرِ نفسِهِ يُمكِنُ التنبُّؤُ بها؛ فهيَ تُشْبِهُ طيفَ الانبعاثِ للعنصرِ نفسِهِ منْ حيثُ التردُّداتُ، والأطوالُ الموجيةُ، ولكنَّها تكونُ على شكلِ خطوطٍ معتمةٍ، في حينِ تكونُ خطوطُ طيفِ الانبعاثِ على شكلِ خطوطٍ مضيئةٍ ملونةٍ. ويُمثِّلُ الشكلُ (6-1) مقارنةً بينَ طيفِ الامتصاصِ الخطِّيِّ وطيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ لذرّاتِ عنصرِ الليثيومِ.



الشكل (6-1): مقارنة طيف الامتصاص وطيف الانبعاث الخطي لذرات عنصر الليثيوم.

يُعَدُّ طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ مُميِّزًا للعنصرِ(مثلُ بصمةِ الإصبعِ للإنسانِ)؛ إذْ أثبتَتْ دراساتُ التحليلِ الكيميائيِّ (اختبارُ اللهبِ) أنَّ لكلِّ عنصرٍ طيفًا خطِّيًّا خاصًّا بهِ يُميِّزُهُ منَ الطيفِ الخطِّيِّ لأيِّ عنصرٍ آخرَ. فللصوديومِ - مثلًا- طيفٌ أصفرُ اللونِ، وللبوتاسيومِ لونٌ بنفسجيٌّ، وللباريومِ لونٌ أخضرُ مُصفَرٌّ.

www.jnob-jo.com

يُذكَرُ أنَّ الطيفَ الذرِّيَّ يُستخدَمُ على نطاقٍ واسعٍ في التحاليلِ الكيميائيةِ لتعرُّفِ العناصرِ المُكوِّنةِ للمُركَّباتِ والموادِّ المختلفةِ، وكذلكَ في مجالِ التحاليلِ الطبيةِ، والصناعيةِ، والزراعيةِ، وغيرِها، وهوَ يُعَدُّ الأساسَ الذي قامَتْ عليْهِ نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ.

أفكر think لماذا يختلفُ الطيفُ الذرِّيُّ منْ عنصرٍ إلى آخرَ؟

✓ **أتحقَّقُ** أُقارِنُ بينَ الضوءِ الذي يظهرُ في الطيفِ المتصلِ والضوءِ الذي يظهرُ في الطيفِ المنفصلِ.

التجربةُ ١

اختلافُ طيفِ الانبعاثِ للفلزّاتِ المُختلِفةِ

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

إرشاداتُ السلامةِ: اتباعُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ، إشعالُ عودِ الثقابِ أوِ الولّاعةِ قبلَ فتحِ غازِ بنسن، الحذرُ منْ لمسِ حمضِ الهيدروكلوريكِ، أوِ استنشاقِ بخارِهِ.

خطواتُ العملِ:

1. أضعُ في كلِّ زجاجةِ ساعةٍ كميَّةً قليلةً منْ أحدِ الأملاحِ المتوافرةِ في المختبرِ.
2. أُشعِلُ موقدَ بنسن، ثمَّ أتركُهُ قريبًا منْ مكانِ تنفيذِ الإجراءاتِ.
3. **أُجرِّبُ، أُطبِّقُ:** أغمسُ سلكَ البلاتينِ في محلولِ حمضِ الهيدروكلوريكِ لتنظيفِهِ منْ أيِّ عوالقَ، ثمَّ أضعُهُ على اللهبِ بضعَ ثوانٍ.
4. **أُجرِّبُ، أُطبِّقُ:** أغمسُ سلكَ البلاتينِ في الماءِ المُقطَّرِ، ثمَّ أغمسُهُ في كلوريدِ الصوديومِ ليلتقطَ بعضَ الملحِ.
5. **أُلاحِظُ** أضعُ سلكَ البلاتينِ على اللهبِ لحرقِ الملحِ. ما لونُ الطيفِ الذي أُشاهِدُهُ؟ أُدَوِّنُ إجابتي في جدولٍ.
6. **أُطبِّقُ** الخطواتِ السابقةَ على جميعِ الأملاحِ الأُخرى التي وردَ ذكرُها آنفًا، مُدَوِّنًا في الجدولِ لونَ الطيفِ في كلِّ مَرَّةٍ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. هلْ يختلفُ لونُ الطيفِ منْ فلزٍّ إلى آخرَ في المُركَّباتِ السابقةِ؟
2. اعتمادًا على ألوانِ الطيفِ المرئيِّ، ما العلاقةُ بينَ لونِ طيفِ الفلزِّ وطاقتِهِ؟
3. ما سببُ اختلافِ طاقةِ طيفِ الانبعاثِ الصادرِ عنْ ذرّاتِ الفلزّاتِ المُختلِفةِ؟

www.jnob-jo.com

فرضياتُ نظريةِ بور Bohr's Postulates Theory

تَمكَّنَ العالِمُ رذر فورد 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 دحضِ 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 توَصلَ إليها العالمان بلانك وانشتاين ودرسَ ذرَّةَ الهيدروجينِ، وتوصَّلَ إلى نظريةٍ تُفسِّرُ حركةَ الإلكتروناتِ حولَ النواةِ منْ دونِ سقوطِها في المركزِ. وقدْ تضمَّنَتْ نظريتُهُ افتراضيْنِ اثنيْنِ، هما:

1. امتلاكُ الإلكترونِ مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ يساوي طاقة المستوى الموجودفيه؛ ما يشيرُ إلى وجودِ مستوياتٍ عِدَّةٍ للطاقةِ Energy Level توجدُ فيها الإلكتروناتُ، وتُعرَفُ باسمِ المستوياتِ الرئيسةِ للطاقةِ، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ (n)، وتُستخدَمُ فيها الأعدادُ (1,2,3,4.....∞). ويُبيِّنُ الشكلُ (7-1) مستوياتِ الطاقةِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

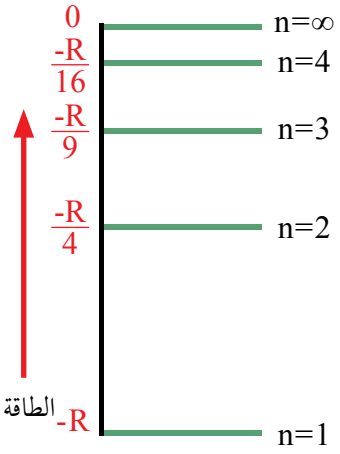
يُمكِنُ إيجادُ طاقةِ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ:

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

n: رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ.



الشكلُ (7-1):
مستوياتِ الطاقةِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

استنتج العلاقة بين رقم المستوى الرئيسي في ذرة الهيدروجين وفرق الطاقة بين المستويات.

www.jnob-jo.com

العالم نيلز بور

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

أ - 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.

ب- 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 بِهِ.

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

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

حيثُ:

n_2: المستوى الذي انتقلَ إليْهِ الإلكترونُ. 1

n_1: المستوى الذي انتقلَ منْهُ الإلكترونُ.

وبتعويضِ طاقةِ المستوى في العلاقة السابقة، فإنَّ:

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

يُمكِنُ إعادةُ ترتيبِ هذهِ العلاقةِ للحصولِ على قيمةٍ موجبةٍ لفرقِ الطاقةِ، بحيثُ تصبحُ على النحوِ الآتي:

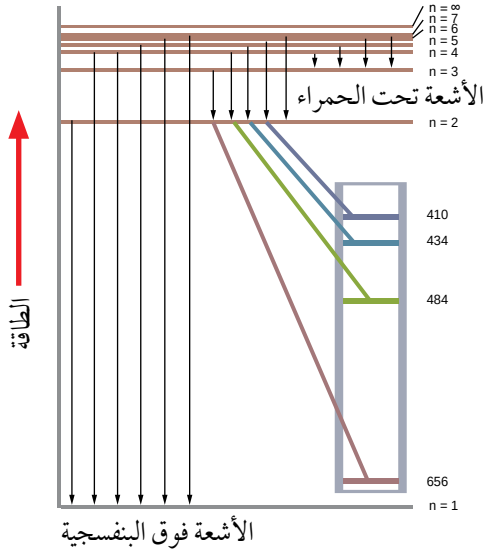
$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

حيثُ:

n_1: مستوى الطاقةِ الأقلُّ.

n_2: مستوى الطاقةِ الأعلى.

www.jnob-jo.com



الشكلُ (8-1):
خطوطَ الطيفِ المنبعثة من ذرَّةِ الهيدروجينِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (8-1) خطوطَ الطيفِ الناتجةَ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى السادس 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، والمستوى اللانهائيِّ (∞) في ذرَّةِ الهيدروجينِ.
2. تحفيزٌ: ما تردُّدُ الضوءِ المُنبعِثِ منْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ في المستوى الرابعِ عندَ عودتِها إلى حالةِ الاستقرارِ.

مثال 1

أحسُبُ طاقةَ المستوى الرابعِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

الحلُّ:

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

$$E_4 = \left(-\frac{2.18 \times 10^{-18}}{4^2}\right)$$

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

www.jnob-jo.com

مثال 2

أحسُبُ طاقةَ الإشعاعِ المُنبعِثَةَ 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 الدّرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ.** ما الأسسُ 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:
   a. أحسُبُ طاقةَ موجةِ الضوءِ المُنبعِثَةَ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى الخامسِ إلى المستوى الثالثِ.
   b. أُحدِّدُ موقعَ هذا الخطِّ ضمنَ طيفِ ذرَّةِ الهيدروجينِ.

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

www.jnob-jo.com

الدرس 2 النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّة

The Wave mechanical model of the atom

الفكرةُ الرئيسةُ:

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

نتاجاتُ التعلم:

- 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 (9-1).

الشكلُ (9-1): نموذجٌ للسحابةِ الإلكترونيةِ.

وبذلكَ وضعَ شرودنغر معادلةً رياضيةً سُمِّيَتِ المعادلةَ الموجيةَ Wave Equation، ونتجَ منْ حلِّها ثلاثةُ أعدادٍ عُرِفَتْ باسمِ أعدادِ الكَمِّ Quantum Numbers.

www.jnob-jo.com

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)؟

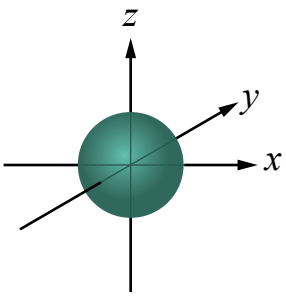
عددُ الكَمِّ الفرعيُّ Lateral Quantum Number (ℓ)

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 بالحرفينِ: (s,p)، والمستوى الرئيسُ الثالثُ (n=3) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ مستوياتٍ فرعيةٍ يُرمَزُ إليْها بالحروفِ: (s، p، d)، والمستوى الرئيسُ الرابعُ (n=4) يتكوَّنُ منْ أربعةِ مستوياتٍ فرعيةٍ يُرمَزُ إليْها بالحروفِ: (s، p، d، f).

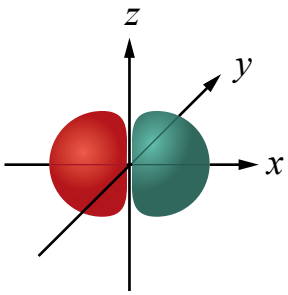
يُذكَرُ أنَّ لمستوياتِ الطاقةِ الفرعيةِ (ℓ) قيمًا (تتراوح بين (0 الى (n-1))؛ فقيمةُ المستوياتِ الفرعيَّةِ الآتيةِ هيَ: (s=0)، (p=1)، (d=2)، (f=3).

لعددِ الكَمِّ الفرعيِّ (ℓ) خاصيةُ تحديدِ الشكلِ العامِّ للفَلَكِ. فالمستوى الفرعيُّ (s) كرويُّ الشكلِ، وأفلاكُ المستوى الفرعيِّ (p) شكلُها (∞)، أمّا أشكالُ المستويَيْنِ: (d، f) فهيَ أكثرُ تعقيدًا. ويُبيِّنُ الشكلُ (10-1/ أ، ب، جـ) أشكالَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ: (s، p، d).

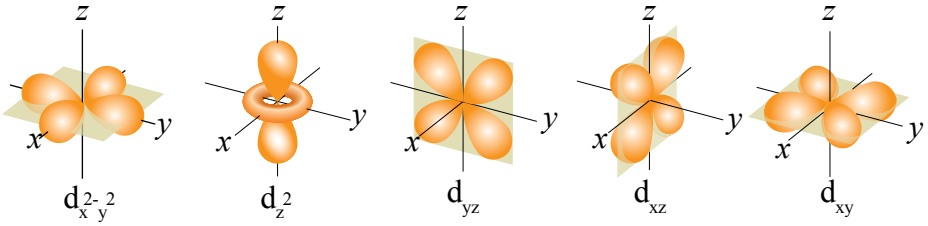
الشكلُ (10-1): أشكالَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ



(أ): شكلُ الفَلَكِ (s).



(ب): شكلُ الفَلَكِ (p).



(جـ): شكلُ الفَلَكِ (d).

www.jnob-jo.com

عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ Magnetic Quantum Number (m_ℓ)

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

ولعددِ 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 (1-11) الاتجاهَ الفراغيَّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p) الثلاثةِ (p_x ,p_y,p_z) المُتعامِدةِ.

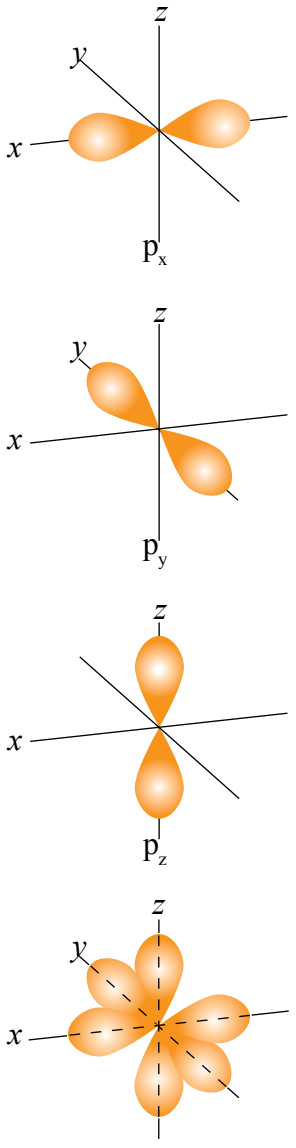
يأخذُ عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ (m_ℓ) قيمًا منْ ($-\ell \leftarrow 0 \leftarrow +\ell$)؛ فالمستوى الفرعيُّ (s) يتكوَّنُ منْ فَلكٍ واحدٍ لهُ قيمةٌ كَمِّيَّةٌ واحدةٌ (0)، والمستوى الفرعيُّ (p) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ أفلاكٍ (p_x ,p_y,p_z) قيمُها الكَمِّيَّةُ: (-1,0,+1)، والمستوى الفرعيُّ (d) يتكوَّنُ منْ خمسةِ 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

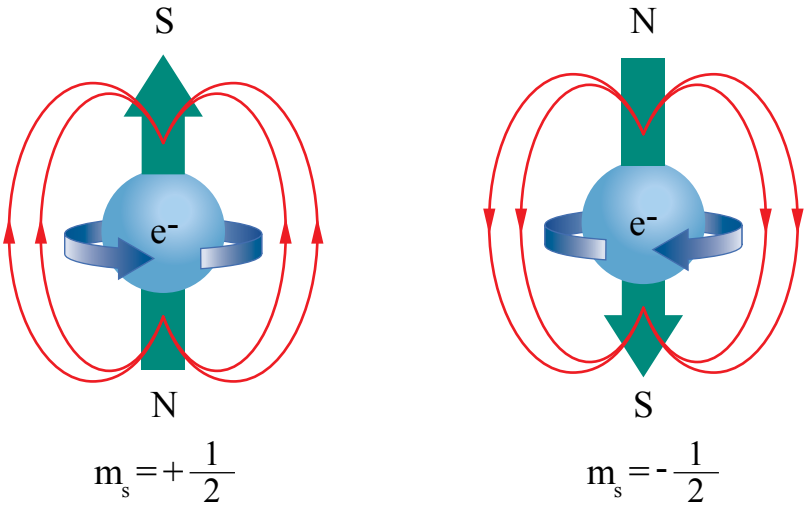
✓ **أتحقَّقُ** ما عددُ الأفلاكِ في المستوى الرئيسِ المُكوَّنِ منْ ثلاثةِ مستوياتٍ فرعيةٍ؟

الشكلُ (1-11): الاتجاهَ الفراغيَّ لأفلاكِ المستوى الفرعيِّ (p)



أفلاكِ (p) مجتمعة

www.jnob-jo.com



الشكلُ (12-1): الدورانُ المغزليُّ للإلكترونِ.

عددُ الكَمِّ المغزليُّ Spin Quantum Number (ms)

يوجدُ عددُ كَمٍّ رابعٌ، إضافةً إلى أعدادِ الكَمِّ الثلاثةِ الناتجةِ منْ حلِّ معادلةِ شرودنغر، هوَ عددُ الكَمِّ المغزليُّ (ms)، 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.

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

أفسر. ظهور الخطوط المنحنية الحمراء في الشكل، واختلاف اتجاهها.

العالم باولي

الجدولُ (3-1): أعدادُ الكَمِّ الأربعةُ: الإلكترونين في الفلك S .

رقمُ الإلكترونِ / عددُ الكَمِّ	n	ℓ	mℓ	ms
1	1	0	0	+1\2
2	1	0	0	-1\2

www.jnob-jo.com

الجدولُ (4-1)	السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ.	
المستوى الفرعيُّ	عددُ الأفلاكِ	السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ
s	1	2
p	3	6
d	5	10
f	7	14

استنتج العلاقة بين عدد الأفلاك في المستوى الفرعي وسعته القصوى من الالكترونات.

بعدَ تعرُّفِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ، أصبحَ ممكنًا تحديدُ موقعِ الإلكترونِ وفقًا لهذهِ الأرقامِ، واتجاهِها المغزليِّ. ويُبيِّنُ الجدولُ (3-1) أعدادَ الكَمِّ الأربعةَ لإلكترونين في الفلك s.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ (3-1) اختلافُ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ للإلكتروناتِ جميعِها؛ إذْ لا يوجدُ في الذرَّةِ نفسِها إلكترونانِ لهُما أعدادُ الكَمِّ الأربعةُ نفسُها، وهذا يُعرَفُ باسمِ **مبدأِ 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 (4-1) الذي يُبيِّنُ السعةَ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ.

أفكر think لماذا يوجدُ الإلكترونانِ في الفَلَكِ نفسِهِ بالرغمِ منْ أنَّهُما يحملانِ الشحنةَ نفسَها؟

اعتمادًا على الجدوليْنِ: (3-1)، وَ(4-1)، يُمكِنُ استنتاجُ السعةِ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيس (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؟

www.jnob-jo.com

مراجعةُ الدّرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما المقصودُ بكلٍّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ الرئيسِ، والفرعيِّ، والمغناطيسيِّ، والمغزليِّ؟
2. ما الخاصيةُ التي يشيرُ إليْها كلُّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ الرئيسِ، والمغناطيسيِّ؟
3. ما عددُ المستوياتِ الفرعيةِ في المستوى الرئيسِ الرابعِ؟
4. ما عددُ أفلاكِ المستوى الفرعيِّ (d)؟
5. ما السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يستوعبُها المستوى الرئيسُ (n=4)؟
6. **أُفسِّرُ:** لا يُمكِنُ لإلكترونٍ ثالثٍ دخولُ فلكٍ يحوي إلكترونيْنِ.
7. **أُفكِّرُ:** هلْ يُمكِنُ لفلكٍ ما في الذرَّةِ أنْ يتَّخِذَ أعدادَ الكَمِّ الآتيةَ؟ أُعزِّزُ إجابتي بالدليلِ.

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

www.jnob-jo.com

الخلايا الكهروضوئيةُ Photoelectric Cells

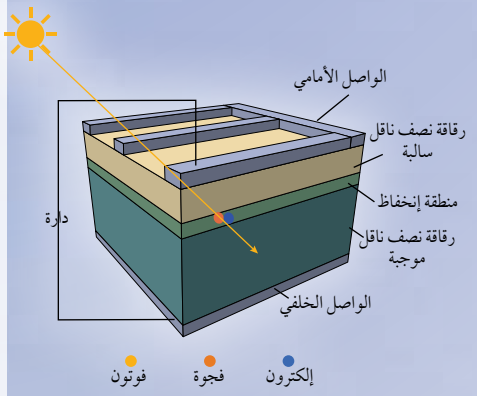
يتزايدُ الطلبُ العالميُّ على الطاقةِ بوتيرةٍ متسارعةٍ نتيجةَ الانفجارِ السكانيِّ والتقدُّمِ التكنولوجيِّ؛ ما يُحتِّمُ على الدولِ أنْ تبحثَ عنْ مصادرَ جديدةٍ لِلطاقةِ أقلَّ تكلفةٍ، وقدْ تركَّزَ الاهتمامُ على مصادرِ الطاقةِ المُتجدِّدةِ بوصفِها بديلًا مناسبًا لتلكِ الآخِذَةِ بالنفادِ، مثلِ: النفطِ، والغازِ،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

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 (13-1).

إنَّ تقنيةَ الألواحِ الشمسيةِ المعروفةَ باسمِ الفوتوفولتيك Photovoltaic (ذاتُ الصلةِ باللوحاتِ الكهروضوئيةِ) تُمثِّلُ حدثًا علميًّا مُهمًّا في مجالِ توليدِ الطاقةِ النظيفةِ غيرِ المُكلِفَةِ؛ إذْ تُستعمَلُ هذهِ الألواحُ لتحويلِ ضوءِ الشمسِ إلى طاقةٍ كهربائيةٍ مباشرةً باستخدامِ موادَّ شبهِ موصلةٍ لِلتيارِ الكهربائيِّ، مثلِ: السيليكون، والجيرمانيوم الذي تُصنَعُ منْهُ الرقائقُ والألواحُ المُكوِّنةُ للخليةِ الكهروضوئيةِ. ويُبيِّنُ الشكلُ (14-1) 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 موصلٍ إلى الطبقةِ الموجبةِ؛ ما يُولِّدُ تيارًا كهربائيًّا. ويُمكِنُ التحكُّمُ في فولتيةِ الخليةِ والتيارِ المارِّ بها عنْ طريقِ توصيلِ الخلايا التي يتراوحُ عددُها بينَ (60) و (72) على التوالي، أوْ على التوازي.

مشروعُ الطاقةِ في الأردُنِ الأكبرِ إقليميًّا.



تركيبُ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

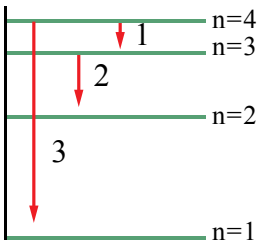
أبحثُ في مصادرِ المعرفةِ المناسبةِ عنْ تركيبِ الخلايا الكهروضوئيةِ وكيفيةِ عملِها، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْ ذلكَ، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ زملائي.

www.jnob-jo.com

1. **أُوضِّحُ** المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ، طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ، الطيفُ المتصلُ، الفوتونُ.

2. **أُفسِّرُ:** لماذا يحتوي طيفُ الانبعاثِ الذرِّيُّ على كميّاتٍ 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:



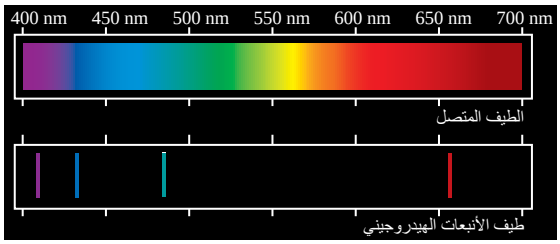
a. أجدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يُمثِّلُها الرقمُ (2).

b. أتنبَّأُ إذا كانَ طيفُ الإشعاعِ الذي يُمثِّلُهُ الرقمُ (3) يظهرُ في منطقةِ الضوءِ المرئيِّ أمْ لا.

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

4. أجدُ طاقةَ الإشعاعِ الصادرةَ عنْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ في المستوى الرابعِ عندَ عودةِ الإلكترونِ فيها إلى المستوى الثاني.

*5. أدرسُ الشكلَ الآتي الذي يُبيِّنُ طيفَ الانبعاثِ لذرَّةِ الهيدروجينِ، ثمَّ أجيبُ عنِ السؤالَيْنِ الآتيَيْنِ:



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

b. أُحدِّدُ 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.

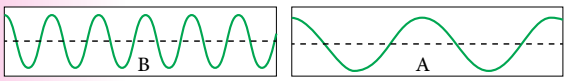
*7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عِدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ مُتباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، ومناطقَ واسعةٍ منْ مختلفِ أنحاءِ العالَمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

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

a. ما الطولُ الموجيُّ لكلِّ تردُّدٍ؟

b. ما طاقةُ الفوتونِ المحتملةُ لكلِّ تردُّدٍ؟

c. أيُّ نماذجِ أشكالِ الموجاتِ الآتيةِ يُمثِّلُ التردُّدَ لموجةِ FM:



*8. يهتمُّ علمُ الفَلَكِ بتحليلِ طيفِ الضوءِ الصادرِ عنِ النجومِ لتعرُّفِ مُكوِّناتِها؛ إذْ تظهرُ خطوطُ الامتصاصِ الذرِّيِّ معتمةً نتيجةَ امتصاصِ الأطوالِ الموجيةِ بواسطةِ الذرّاتِ والجسيماتِ المُعلَّقةِ في جوِّ النجمِ. وبتحليلِ هذهِ الخطوطِ يُمكِنُ تعيينُ العناصرِ الباعثةِ والعناصرِ الماصَّةِ المُكوِّنةِ للنجمِ. يُبيِّنُ المُخطَّطُ الآتي الجزءَ المرئيَّ منَ الطيفِ الكهرومغناطيسيِّ وبعضَ خطوطِ امتصاصِ الهيدروجينِ مُوضَّحةً على الطيفِ. أدرسُ الشكلَ، ثمَّ أُحدِّدُ خطَّ الامتصاصِ الذي يُوافِقُ:

a. الطولَ الموجيَّ الأقصرَ.

b. الطولَ الموجيَّ الأطولَ.

c. التردُّدَ الأعلى.

d. 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. ما رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ؟

www.jnob-jo.com

10. إذا كانَ طولُ موجةِ الإشعاعِ المُرافِقِ لعودةِ الإلكترونِ منْ مستوًى بعيدٍ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ هوَ (121) نانومترًا:
   a. أجدُ طاقةَ هذا الإشعاعِ.
   b. أجدُ رقمَ المستوى الأعلى الذي عادَ منْهُ الإلكترونُ.

11. عددُ الكَمِّ الرئيسُ لإلكترونِ (n= 3):
   a. ما عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ؟
   b. ما عددُ الأفلاكِ في هذا المستوى؟
   c. ما السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يُمكِنُ أنْ يستوعبَها هذا المستوى؟
   d. ما قيمُ أعدادِ الكَمِّ الفرعيةِ (ℓ)؟

12. ما رمزُ المستوى الفرعيِّ ذي القيمِ الكَمِّيَّةِ المبينةُ في كلٍّ منَ الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   a. n= 2 ، ℓ= 0؟
   b. n= 4 ، ℓ= 1؟

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

1. النموذجُ أوِ الافتراضُ الذي يشيرُ إلى وجودِ خصائصَ موجيةٍ للإلكترونِ هوَ:
   a. آراءُ بلانك وأنشتاين. b. نموذجُ رذر فورد.
   c. النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ. d. نموذجُ بور.

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

3. الخاصيةُ الفيزيائيةُ المُرتبطةُ بعددِ الكَمِّ الفرعيِّ هيَ:
   a. مُعدَّلُ البُعْدِ عنِ النواةِ. b. الشكلُ العامُّ للفَلَكِ.
   c. الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ. d. اتجاهُ الغزلِ.

4. لا تتماثلُ أفلاكُ (p) الثلاثةُ ضمنَ المستوى الرئيسِ الواحدِ نفسِهِ في إحدى الخصائصِ الآتيةِ:
   a. الاتجاهُ الفراغيُّ. b. الشكلُ.
   c. الطاقةُ. d. السعةُ منَ الإلكتروناتِ.

5. عددُ الأفلاكِ الكليُّ في المستوى الرئيسِ الثالثِ (n= 3) هوَ:
   a. (3) أفلاكٍ. b. (6) أفلاكٍ.
   c. (9) أفلاكٍ. d. (18) فَلَكًا.

6. أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي قدْ توجدُ في المستوى الرئيسِ الخامسِ (n= 5) هوَ:
   a. (5) إلكتروناتٍ. b. (10) إلكتروناتٍ.
   c. (25) إلكترونًا. d. (50) إلكترونًا.

7. يتحدَّدُ الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ بعددِ الكَمِّ:
   a. الرئيسِ. b. الفرعيِّ.
   c. المغناطيسيِّ. d. المغزليِّ.

8. عندَ امتصاصِ الذرَّةِ للطاقةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ إلى مستوياتِ طاقةٍ أبعدَ عنِ النواةِ، فينشأُ ما يُسمّى:
   a. التفريغَ الكهربائيَّ. b. الذرَّةَ المثارةَ.
   c. عمليةَ التأيُّنِ. d. الطيفَ الذرِّيَّ.

9. أقصى عددٍ منَ الإلكتروناتِ يستوعبُهُ المستوى الفرعيُّ (4f) هوَ:
   a. إلكترونانِ. b. (10) إلكتروناتٍ.
   c. (6) إلكتروناتٍ. d. (14) إلكترونًا.

10. الرمزُ الذي يتعارضُ معَ مبدأِ باولي هوَ:
   a. $(4d^{12})$. b. $(3s^{1})$.
   c. $(2p^{5})$. d. $(4f^{12})$.

11. عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ لوجودِ إلكترونٍ في المستوى الثالثِ هوَ:
   a. (3) مستوياتٍ. b. (9) مستوياتٍ.
   c. (12) مستوًى. d. (16) مستوًى.

www.jnob-jo.com

الْوَحْدَةُ 2

التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ

Electron configuration and Periodicity

أقرأُ الصورةَ

تترتَّبُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ في دوراتٍ ومجموعاتٍ وفقَ صفاتٍ مُحدَّدةٍ. فهلْ للتوزيعِ الإلكترونيِّ أثرٌ في هذا الترتيبِ؟ ما الصفاتُ الدوريةُ للعناصرِ؟

هل يؤثر موقع العنصر في صفاته الدورية؟

www.jnob-jo.com

الفكرةُ العامَّةُ:

لكلِّ ذرَّةٍ تركيبٌ خاصٌّ بها يُحدِّدُ خصائصَها الفيزيائيةَ والكيميائيةَ.

الدرس الأول: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ

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

الدرس الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ

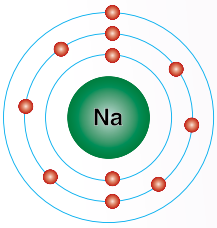
الفكرةُ الرَّئيسةُ: للعناصرِ خصائصُ دوريةٌ تتباينُ في ما بيْنَها منْ حيثُ الاتجاهُ؛ منَ اليسارِ إلى اليمينِ، ومنَ الأعلى إلى الأسفلِ في الجدولِ الدوريِّ.

www.jnob-jo.com

نمذجةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ

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

خطواتُ العملِ:



١ مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ، أُصمِّمُ أنا وزملائي بطاقاتٍ تعريفيةً للعناصرِ بحسبِ العددِ الذرِّيِّ منْ (١) إلى (٢٠) كما في الشكلِ الآتي.

٢ أغرسُ الدبابيسَ في موقعِ الإلكتروناتِ على بطاقةِ العنصرِ، وأُميِّزُ إلكتروناتِ التكافؤِ بلونٍ مختلفٍ في كلِّ عنصرٍ..

٣ أُدَوِّنُ لكلِّ عنصرٍ عددَ المستوياتِ الرئيسةِ، وعددَ إلكتروناتِ التكافؤِ.

٤ أُعِدُّ أنا وزملائي لوحةً جداريةً أُلصِقُ عليْها البطاقاتِ وفقَ ترتيبٍ مشابهٍ لترتيبِها في الجدولِ الدوريِّ.

٥ أُلاحِظُ العلاقةَ بينَ رقمِ المستوى الرئيسِ وسعتِهِ منَ الإلكتروناتِ.

٦ أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ في الذرَّةِ ورقمِ دورةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.

٧ أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ إلكتروناتِ المستوى الأخيرِ في الذرَّةِ ورقمِ مجموعةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.

التحليلُ:

١. ما الأسسُ التي اعتُمِدَ عليْها في ترتيبِ البطاقاتِ؟

.....

٢. ما العلاقةُ بينَ رقمِ المجموعةِ الذي يوجدُ فيهِ العنصرُ وعددِ إلكتروناتِ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ في ذرَّتِهِ؟

.....

٣. ما العلاقةُ بينَ رقمِ الدورةِ الذي يوجدُ فيهِ العنصرُ وعددِ المستوياتِ الرئيسةِ للطاقةِ في ذرَّتِهِ؟

.....

٤. كيفَ يُمكِنُ تحديدُ موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ؟

.....

www.jnob-jo.com

التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ
Electronic configuration

الدرس 1

الفكرةُ الرئيسةُ:

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

نتاجاتُ التعلمِ:

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لمجموعةٍ منَ العناصرِ.

أُدرِكُ الصفاتِ المُميِّزةَ للعناصرِ بحسبِ توزيعِها.

أُوضِّحُ العلاقةَ بينَ موقعِ العنصرِ، وخصائصِهِ، وصفاتِهِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

العددُ الذرِّيُّ Atomic number.

التوزيعُ الإلكترونيُّ electronic configuration.

مبدأُ أوفباو aufbau.

قاعدةُ هوند Hund's rule.

العناصرُ الممثلةُ The Representative Elements.

العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements.

التاين Ionization.

مبادئُ وقواعدُ التوزيعِ الإلكترونيِّ للذرّاتِ
Principles of electronic configuration

تعرَّفْتُ فيما 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.

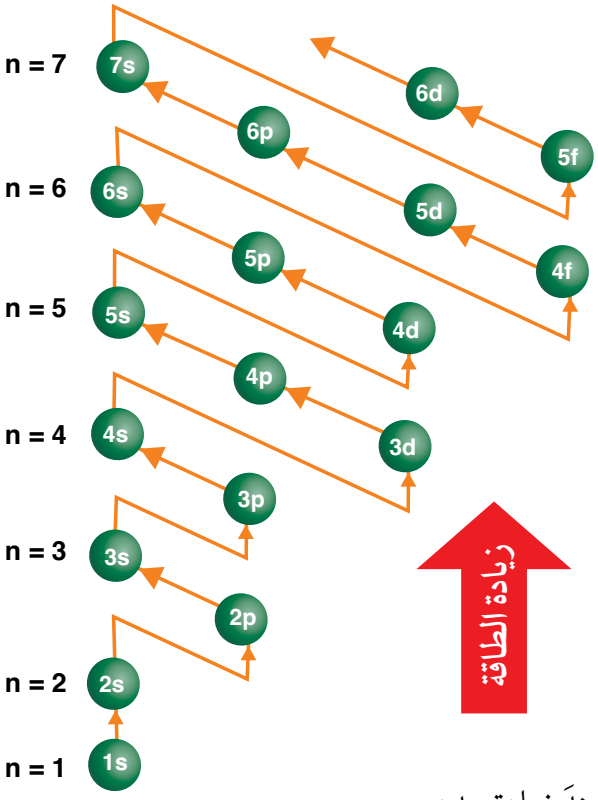
عندَ البدءِ بعمليةِ توزيعِ الإلكتروناتِ على مستوياتِ الطاقةِ يجبُ مراعاةُ عددٍ منَ المبادئِ والقواعدِ التي تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ. فإضافةً إلى مبدأِ الاستبعادِ لباولي، يراعى **العددُ الذرِّيُّ** Atomic number، وهوَ عددُ البروتوناتِ في نواةِ الذرَّةِ، أوْ عددُ الإلكتروناتِ في الذرَّةِ المُتعادِلةِ.

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

www.jnob-jo.com

مبدأُ أوفباو للبناءِ التصاعديِّ Aufbau Principle:

ينصُّ **مبدأُ أوفباو** Aufbau على "امتلاءِ الأفلاكِ بالإلكتروناتِ تبعًا لتزايدِ طاقاتِها، بحيثُ تُوزَّعُ الإلكتروناتُ أولًا في أدنى مستوًى للطاقةِ، ثمَّ تَملأُ المستوياتِ العليا للطاقةِ". ويُبيِّنُ الشكلُ (2-1) ترتيبَ المستوياتِ الفرعيةِ تصاعديًّا بحسبِ طاقةِ كلٍّ منْها.



الشكلُ (2-1): ترتيبُ الأفلاكِ بحسبِ الطاقةِ.

كلمةُ أوفباو aufbau ألمانيةُ الأصلِ، وتعني البناءَ التصاعديَّ.

يُلاحَظُ منَ الشكلِ أنَّ طاقةَ المستوياتِ الفرعيةِ تزدادُ عندَ زيادةِ عددِ الكَمِّ الرئيسِ (n)، وأنَّ المستوياتِ تبدأُ بالتداخلِ بعدَ المستوى الفرعيِّ 3p. بناءً على ذلكَ، يُمكِنُ تحديدُ المستوى الفرعيِّ الأقلِّ طاقةً منْ مجموعِ $(n + \ell)$؛ إذْ تُملأُ الإلكتروناتُ بالمستوى الفرعيِّ الأقلِّ مجموعًا $(n + \ell)$. فمثلًا، يُلاحَظُ أنَّ المستوى الفرعيَّ 4s يُملأُ 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 سيُملأُ 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 يُملأُ المستوى 5d بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 6p.

يُمكِنُ كتابةُ مستوياتِ الطاقةِ الفرعيةِ على النحوِ الآتي:

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

www.jnob-jo.com

مثال 1

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

الحل:

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

مثال 2

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

الحل:

مجموعُ قيمِ $(n + \ell)$ للمستوى 5f هوَ 8(8 =3+5)، وهوَ المجموعُ نفسُهُ للمستوى الفرعيِّ 7p(8 =1+7).

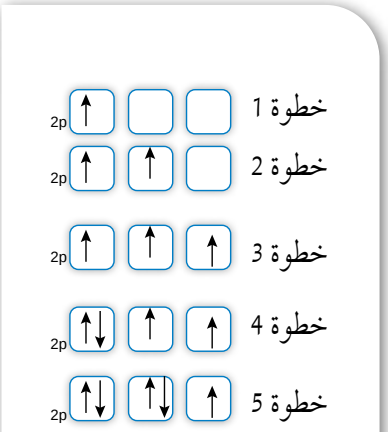
ولأنَّ قيمةَ n للمستوى 5f هيَ الأقلُّ؛ فهوَ الأقلُّ طاقةً؛ لذا يُملَأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى7p.

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 (2-2) 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.

ويحدِد التوزيع الالكتروني وفق قاعدة هوند عدد الالكترونات المنفردة في افلاك المستوى الفرعي الواحد، فمثلا يمتلك النيتروجين $_7N$ ثلاثة الكترونات منفردة موزعة على افلاك P ↑ ↑ ↑ ، في حين



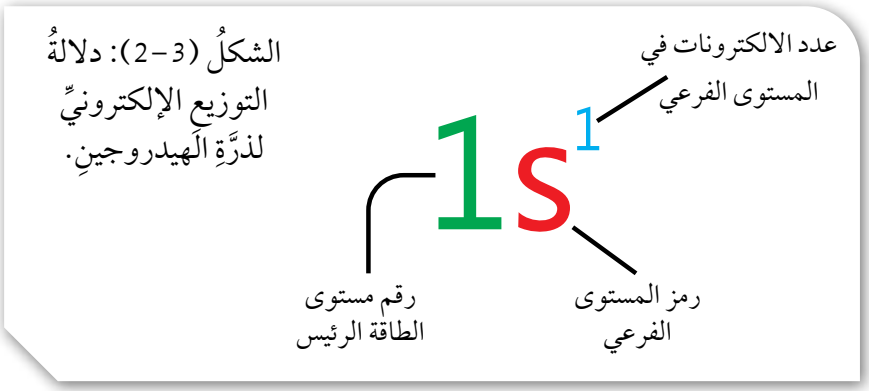
الشكلُ (2-2): توزيعُ إلكتروناتِ فلكِ p بحسبِ قاعدةِ هوند.

www.jnob-jo.com

يمتلك الحديد $_{26}Fe$ اربعة الكترونات منفردة تتوزع على افلاك المستوى d كالاتي:

منَ الأمثلةِ على التوزيعِ الإلكترونيِّ ذرَّةُ الهيدروجينِ التي عددُها الذرِّيُّ (1)، وتوزيعُها ($1s^1$)، أنظرُ الشكلَ (3-2) 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 (1-2) الذي يُبيِّنُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لبعضِ ذرّاتِ العناصرِ.



الشكلُ (3-2): دلالةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

الجدولُ (1-2) 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	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$
الألومنيومُ	Al	13	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

www.jnob-jo.com

الجدولُ (2-2)	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 (2-2) 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 (2-3) الذي يُبيِّنُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لعددٍ منْ ذرّاتِ العناصرِ.

✓ أتحقَّقُ

١. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لسبعةِ إلكتروناتٍ على أفلاكِ d الخمسةِ بحسبِ قاعدةِ هوند، وأحدد عدد الالكترونات المنفردة..

٢. 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)؟

الجدولُ (2-3)	التوزيعُ الإلكترونيُّ لبعضِ العناصرِ بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ.	
العنصرُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	التوزيعُ بدلالةِ العنصرِ النبيلِ
الفلورُ ($_9$F) Fluorine	$1s^2 2s^2 2p^5$	[He] $2s^2 2p^5$
المغنيسيومُ ($_{12}$Mg) Magnesium	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	[Ne] $3s^2$
الفسفورُ ($_{15}$P) Phosphorus	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	[Ne] $3s^2 3p^3$
البوتاسيومُ ($_{19}$K) Potassium	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	[Ar] $4s^1$

www.jnob-jo.com

تصنيفُ العناصرِ classifying the 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.

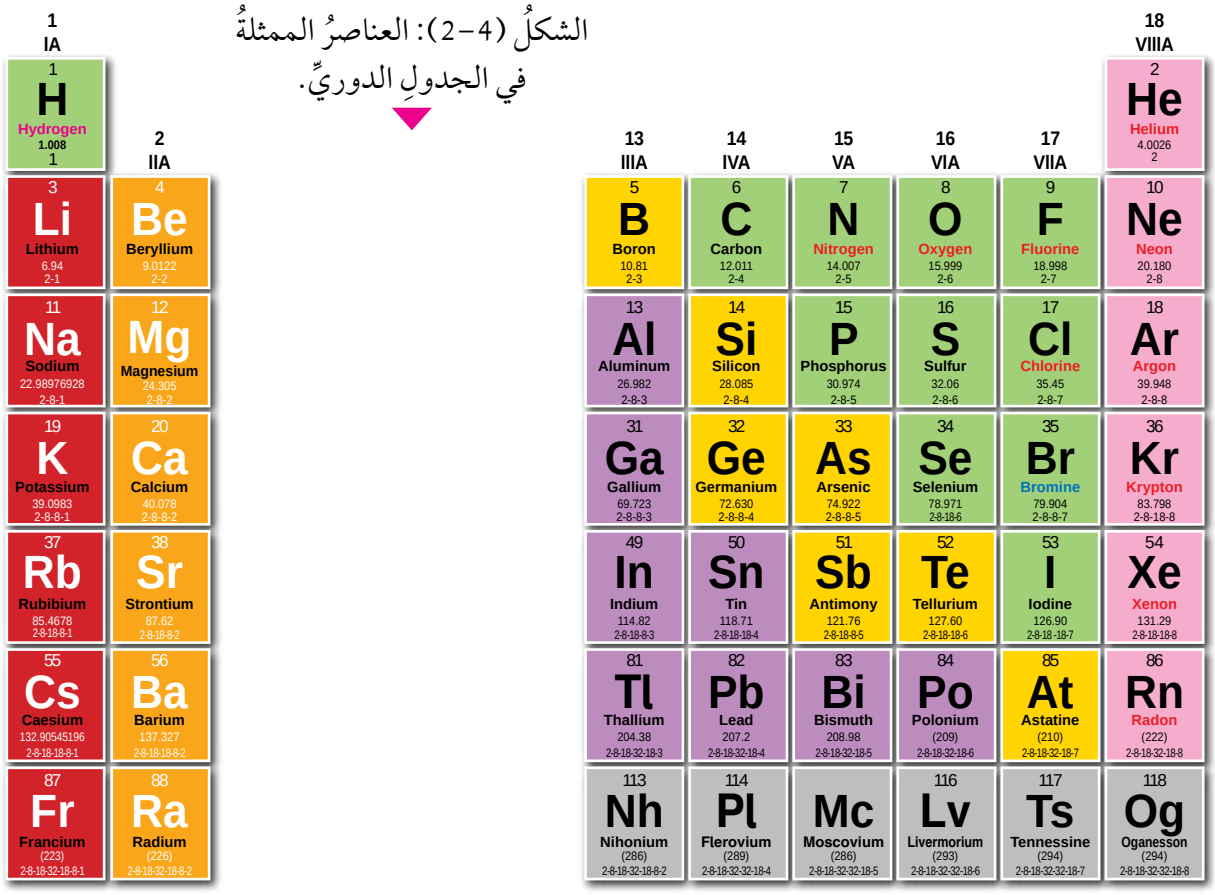
تُقَسَّمُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

العناصرُ الممثلةُ Representative Elements

ما رقم المجموعة التي تعرف بالقلويات الترابية؟

يُمثِّلُ الشكلُ (4-2) 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 (V111A)، وتعني المجموعةَ (8) في العناصرِ الممثلةِ.

الشكلُ (4-2): العناصرُ الممثلةُ في الجدولِ الدوريِّ.



www.jnob-jo.com

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) يساوي (5)، فيكونُ رقمُ مجموعةِ العنصرِ هوَ (5) 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 Element

عناصرُ تقعُ في وسطِ الجدولِ الدوريِّ، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في توزيعِها الإلكترونيِّ إلى المستوى الفرعيِّ d، أوْ f.

الربطُ معَ الحياةِ

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 تُملَأُ بهِ المناطيدُ، والبالوناتُ الطائرةُ، والغوّاصاتُ البحريةُ.

الشكلُ (5-2): العناصرُ الانتقاليةُ في الجدولِ الدوريِّ.

ما سببُ تسميةِ العناصرِ الانتقاليةِ بهذا الاسمِ.

www.jnob-jo.com

تنقسمُ العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements إلى قسميْنِ رئيسيْنِ، هما:

- **العناصرُ الانتقاليةُ الرئيسةُ Transition Elements**: تتكوَّنُ هذهِ العناصرُ منْ (10) مجموعاتٍ في الجدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (2–5)، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرّاتِ عناصرِها إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ d.
- **العناصرُ الانتقاليةُ الداخليةُ: Inner Transition Elements** تتكوَّنُ هذهِ العناصرُ منْ (14) مجموعةً في الجدولِ الدوريِّ، كما في الشكلِ (2–5)، ويضافُ الإلكترونُ الأخيرُ في التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرّاتِ عناصرِها إلى أفلاكِ المستوى الفرعيِّ f.

ويُبيِّنُ الجدولُ (4–2) التوزيعَ الإلكترونيَّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ الرئيسةِ B، وأرقامَ مجموعاتِها.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ (4–2) أنَّ رقمَ المجموعةِ بالنسبةِ إلى العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ يساوي مجموعَ إلكتروناتِ s في المستوى الخارجيِّ (n)، ومجموعَ إلكتروناتِ d في المستوى قبلَ الخارجيِّ (n-1) للمجموعاتِ B (7–3)، بحسبِ القاعدةِ الآتيةِ:

رقمُ المجموعةِ = إلكتروناتِ $s_{(n)}$ + إلكتروناتِ $d_{(n-1)}$.

أبحث

قضيةٌ للبحثِ

يختلفُ التوزيعُ الإلكترونيُّ لعنصرِ الكروم $_{24}Cr$ وعنصرِ النحاسِ $_{29}Cu$ عنْ توزيعِ بقيةِ العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ. أبحثُ في سببِ هذا الاختلافِ، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ زملائي.

الجدولُ (4-2) التوزيعُ الإلكترونيُّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ

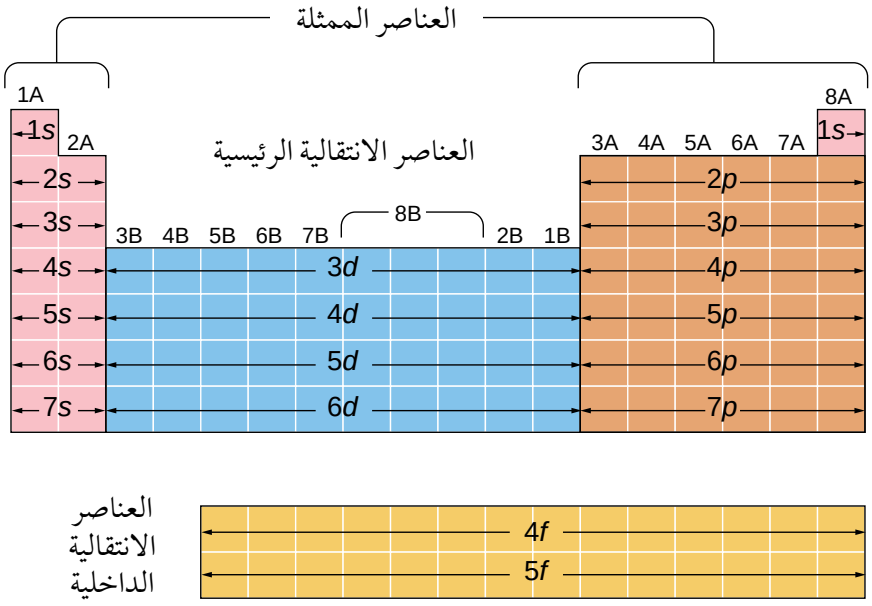
العنصرُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	رقمُ المجموعةِ
Scandium السكانديومُ ($_{21}Sc$)	$[Ar]3d^1 4s^2$	3B
Titanium التيتانيومُ ($_{22}Ti$)	$[Ar]3d^2 4s^2$	4B
Vanadium الفاناديومُ ($_{23}V$)	$[Ar]3d^3 4s^2$	5B
Chromium الكرومُ ($_{24}Cr$)	$[Ar]3d^5 4s^1$	6B
Manganese المنغنيزُ ($_{25}Mn$)	$[Ar]3d^5 4s^2$	7B
Iron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

www.jnob-jo.com

وفي حالِ كانَ المجموعُ (8)، أوْ (9)، أوْ B(10)، فإنَّ رقمَ المجموعةِ يكونُ B(8) التي تضمُّ (3) أعمدةٍ؛ نظرًا إلى التشابهِ الكبيرِ في خصائصِ عناصرِها. أمّا المجموعتانِ (1) وَ B(2) 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 بِنيةِ الجدولِ الدوريِّ في تعرُّفِ التوزيعِ الإلكترونيِّ للعنصرِ بناءً على موقعِهِ في الجدولِ الدوريِّ؛ إذْ يُلاحَظُ منَ الشكلِ (6-2) 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: A2 وَ A1، والعناصرُ التي ينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ p تقعُ ضمنَ الأعمدةِ (8A-3A)، وكذلكَ هوَ حالُ العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ.

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



الشكلُ (6-2): تقسيمُ الجدولِ الدوريِّ بحسبِ المستوياتِ الفرعيةِ الخارجيةِ التي ينتهي بها التوزيعُ الإلكترونيُّ.

الربطُ معَ الحياةِ

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 الورِكِ 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.

www.jnob-jo.com

مثال 3

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

الحل:

بالرجوعِ إلى الجدولِ (6–2)، 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:

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

مثال 4

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

الحل:

بالرجوعِ إلى الجدولِ (6–2)، فإنَّ المجموعةَ الخامسةَ تُمثِّلُ العمودَ الثالثَ منْ منطقةِ d، وإنَّ رقمَ الدورةِ يُمثِّلُ رقمَ المستوى الخارجيِّ n، فيكونُ المستوى الخارجيُّ $3d^3$، ويكونُ التوزيعُ الإلكترونيُّ كما يأتي:

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

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.

ففي الأيوناتِ الموجبةِ يكونُ فقْدُ الإلكتروناتِ منَ المستوى الخارجيِّ. 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. ومنَ الأمثلةِ على ذلكَ التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِ الكلورِ $_{17}Cl^-: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$ مقارنةً بالتوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الكلورِ $_{17}Cl: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$

www.jnob-jo.com

مثال 5

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

الحل:

التوزيعُ الإلكترونيُّ للمغنيسيومِ هوَ $_{12}Mg: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$، أمّا أيونُ المغنيسيومِ $_{12}Mg^{+2}$ فيملكُ 10إلكتروناتٍ؛ 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 $_{12}Mg^{+2}: [Ne]$.

مثال 6

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

الحل:

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

تكونُ معظمُ العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ أيوناتٍ موجبةً عندَ فقْدِ عددٍ منَ الإلكتروناتِ؛ إذْ إنَّها تُفقَدُ منَ المستوى الفرعيِّ s الخارجيِّ، ثمَّ منَ المستوى الفرعيِّ d.

www.jnob-jo.com

مثال 7

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

الحل:

التوزيعُ الإلكترونيُّ لفلزِّ التيتانيومِ هوَ $_{23}Ti$: [Ar] $3d^2\ 4s^2$، وفي حالِ فقدَ 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 الدّرسِ

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

العنصرُ	O	Al	Cl	Co	As
العددُ الذريُّ	8	13	17	27	33

   a. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعناصرِ الواردِ ذكرُها في الجدولِ.
   b. أُحدِّدُ رقمَ الدورةِ ورقمَ المجموعةِ لكلٍّ منْ هذهِ العناصرِ.
   c. أيُّ العناصرِ يُعَدُّ عنصرًا انتقاليًّا؟ أيُّها يُعَدُّ عنصرًا ممثلًا؟
   d. ما عددُ الإلكتروناتِ المنفردةِ في كلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: O، Cl، Co؟
   e. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ يقعُ في الدورةِ الرابعةِ ومجموعةِ العنصرِ Cl؟
   f. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ يقعُ في المجموعةِ الثالثةِ ودورةِ العنصرِ O؟
   g. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الأيونيْنِ: Al^{+3} ، وَ As^{-3}.

2. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثنائيِّ السالبِ بالمستوى الفرعيِّ $3p^6$؟

3. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الموجبِ $^{+}3$ بالمستوى الفرعيِّ $4d^4$؟

www.jnob-jo.com

الفكرةُ الرئيسةُ:

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

نتاجاتُ التعلمِ:

أتنبَّأُ بدوريةِ الصفاتِ لعناصرِ الدورةِ والمجموعةِ في الجدولِ الدوريِّ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ Periodic properties of the elements.

نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius.

شحنة النواة الفعالة Effective Nuclear Charge.

إلكتروناتُ التكافؤِ Valence Electrons.

طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy.

الالفة الالكترونية Electron Affinity.

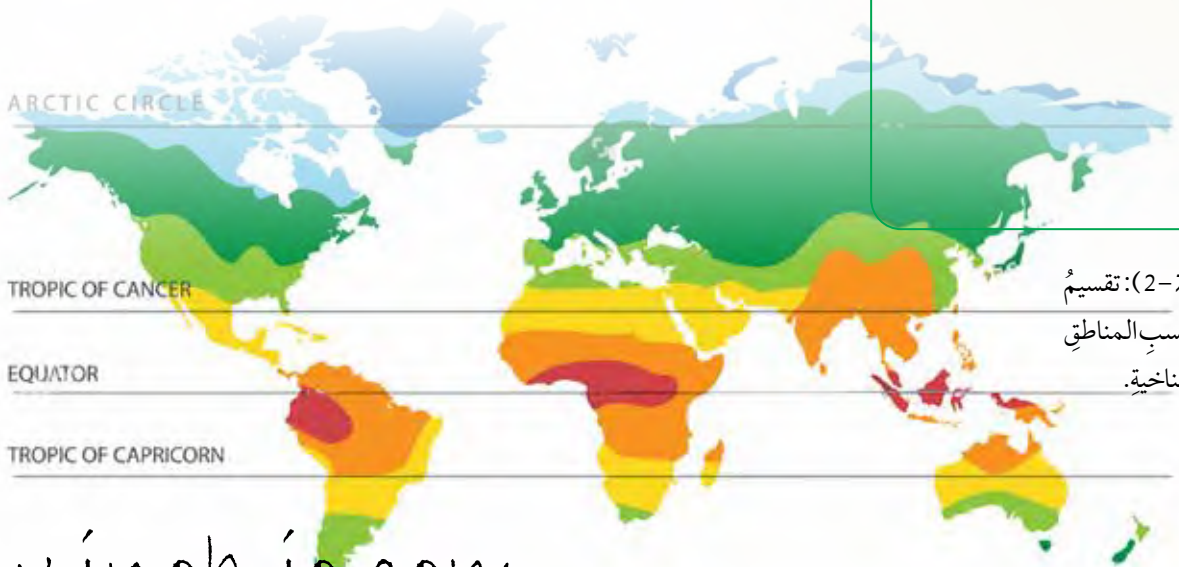
السالبيةُ الكهربائيةُ Electron egativity.

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic properties of the elements

تُقسَّمُ الكرةُ الأرضيةُ إلى عددٍ منَ المناطقِ المختلفةِ بحسبِ المناخِ السائدِ فيها. ويُبيِّنُ الشكلُ (7-2) 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؟ كيفَ تتغيَّرُ خلالَ المجموعاتِ والدوراتِ في الجدولِ الدوريِّ؟

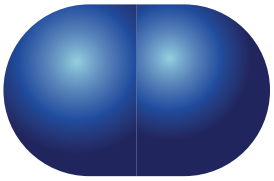
نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius

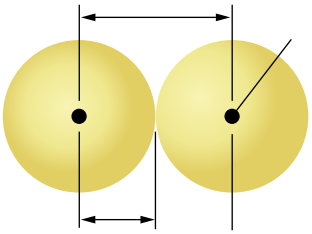
يُعَدُّ الحجمُ الذرِّيُّ إحدى الخصائصِ المُهِمَّةِ التي تُحدِّدُ السلوكَ العامَّ للذرّاتِ. ولمّا كانَتِ الذرّاتُ تختلفُ في ما بينَها، فإنَّهُ يُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ الفلزّاتِ بمصطلحِ نصفِ القُطْرِ الذرِّيِّ **Atomic Radius**، وهوَ: "نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ مُتجاوِرتيْنِ في البلّورةِ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



الشكلُ (7-2): تقسيمُ العالَمِ بحسبِ المناطقِ المناخيةِ.

www.jnob-jo.com





الشكلُ (8-2): نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.

يقاسُ نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ بوحدةِ البيكومترِ picometers (تساوي 10^{-12} م)، أنظرُ الشكلَ (8-2).

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

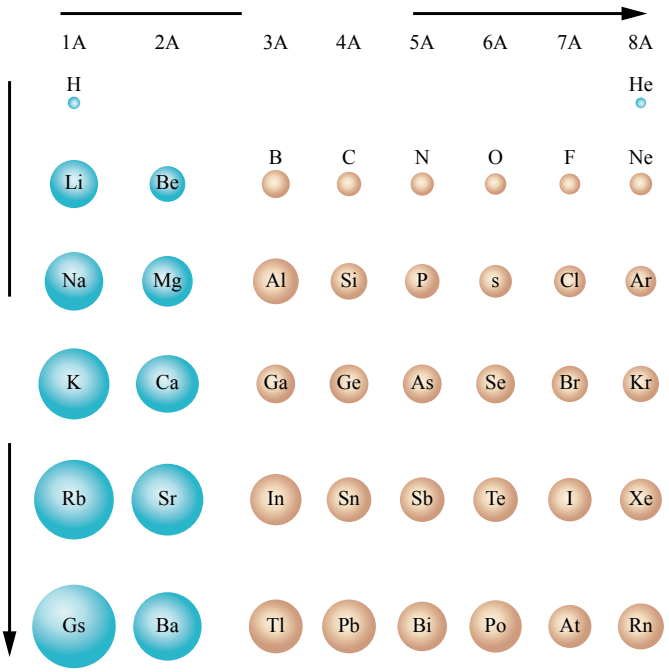
- **عددُ الكَمِّ الرئيسِ Principal Quantum Number (n):**

يزدادُ نصفُ قُطْرِ الذرَّةِ والحجمُ الذرِّيُّ عندَ زيادةِ العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ في المجموعةِ الواحدةِ؛ نتيجةً لزيادةِ رقمِ المستوى الخارجيِّ (n)، معَ بقاءِ تأثيرِ جذبِ النواةِ لإلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ ثابتًا؛ ما يزيدُ منْ بُعْدِ الإلكتروناتِ الخارجيةِ عنِ النواةِ.

- **شحنة النواة الفعالة Effective Nuclear Charge:**

تعمل البروتوناتُ الموجبةُ في النواةِ على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ (إلكتروناتُ التكافؤِ) نحوَها، ويتاثر مقدار الجذب الفعلي للنواة الموجبة بفعل الكترونات المستويات الداخلية (الالكترونات الحاجبة)، حيث تقلل من قدرة النواة على جذب الالكترونات، وتعرف القدرة الفعلية للنواة الموجبة على جذب الكترونات التكافؤ بعد تاثير الالكترونات الحاجبة بشحنة النواة الفعالة Effective Nuclear Charge؛ وتزداد شحنة النواة الفعالة بزيادة العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الدورةِ الواحدةِ، معَ بقاءِالرقمِ نفسِه للمستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ منْ تأثيرِ

www.jnob-jo.com



الشكلُ (9-2): نصفُ القُطْرِ والحجمُ الذرِّيُّ للذرّاتِ في الجدولِ الدوريِّ.

احدد رمز العنصر الاكبر حجما.

جذبِ النواةِ لإلكتروناتِ التكافؤِ، فيزدادُ اقترابُها منَ النواةِ، ويقلُّ نصفُ القُطْرِ، ثمَّ يقلُّ الحجمُ الذرِّيُّ.

أتحقَّقُ

أيُّ الذرَّتيْنِ أكبرُ حجمًا: Be أمْ Ba؟

أيُّ الذرَّتيْنِ أصغرُ حجمًا: S أمْ Al؟

مثال 8

أُوضِّحُ أثرَ شحنة النواة الفعالة في حجومِ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ: $_{13}Al$ ، $_{12}Mg$ ، $_{11}Na$.

الحل:

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لهذهِ العناصرِ: Al: [Ne] $3s^2 3p^1$، Mg: [Ne] $3s^2$، Na: [Ne] $3s^1$، يَتبيَّنُ أنَّها جميعًا منْ عناصرِ الدورةِ الثالثةِ، وأنَّها تتساوى في عددِ المستوياتِ الرئيسةِ، وتتساوى بعدد الالكترونات الداخلية (الالكترونات الحاجبة)، وتختلفُ في عددِ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ. فبروتوناتُ الصوديومِ Na هيَ أقلُّها عددًا؛ ما يعني أنَّ الصوديومَ أقلُّها قدرةً على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، وأكبرُها منْ حيثُ الحجمُ الذرِّيُّ، تليها بروتوناتُ المغنيسيومِ Mg. أمّا الألمنيومُ فيملكُ العددُ الأكبرُ منَ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ؛ ما يعني زيادةً في جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيقلُّ حجمُها الذرِّيُّ.

www.jnob-jo.com

نصفُ القُطْرِ الأيونيِّ Ionic radius

تؤدي عمليةُ تأيُّنِ الذرّاتِ إلى اختلافِ توزيعِها الإلكترونيِّ، إلى جانبِ 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 مستوياتِ الأيونِ 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 بين الإلكتروناتِ، مُسبِّبًا زيادةً في حجمِ الأيونِ السالبِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (2-10) العلاقةَ بينَ حجومِ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ مقارنةً بذرّاتِها.

أفكر think أيُّهُما أكبرُ حجمًا: أيونُ الفلورِ $_{9}F^{-1}$ أمْ أيونُ الصوديومِ $_{11}Na^{+1}$؟

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

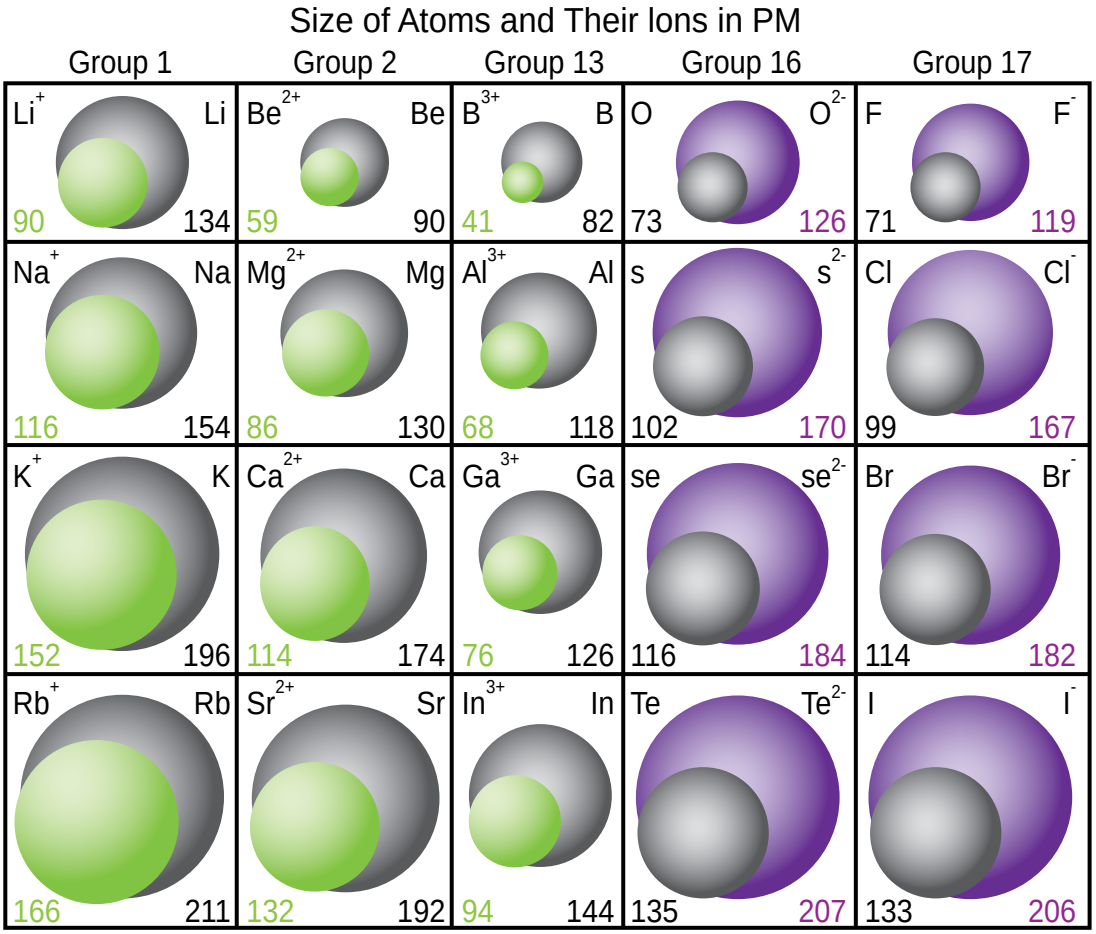
مثال 9

أُقارِنُ بينَ حجمِ ذرَّةِ عنصرِ البوتاسيومِ $_{19}K$ وحجمِ أيونِها الموجبِ $_{19}K^{+1}$.

الحل:

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

www.jnob-jo.com



الشكلُ (10-2): حجومُ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ وذرّاتُها بوحدةِ (pm).

مثال 10

أُقارِنُ بينَ حجمِ ذرَّةِ عنصرِ الكلورِ $_{17}Cl$ وحجمِ أيونِها السالبِ $_{17}Cl^{-1}$.

الحل:

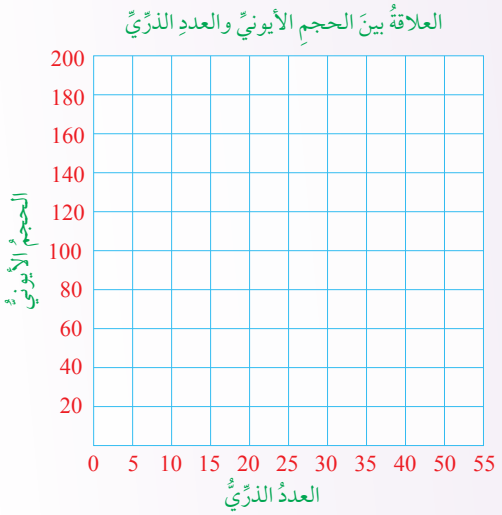
بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الكلورِ: $Cl: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$، وتوزيعِ أيونِ الكلورِ: $Cl^{-1}: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$، يَتبيَّنُ أنَّ كلًّا منْ هذهِ الذرَّةِ وأيونِها السالبِ يملكُ العددَ نفسَهُ منَ المستوياتِ الرئيسةِ n، وأنَّ عددَ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ للأيونِ يزدادُ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

www.jnob-jo.com

نشاطٌ

الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ

الموادُّ والأدواتُ: ورقُ رسمٍ بيانيٍّ، أقلامُ تلوينٍ.



خطواتُ العملِ:

1. مُستخدِمًا قيمَ أنصافِ أقطارِ الذرّاتِ والأيوناتِ الواردةَ في الشكلِ (10-2)، أُحدِّدُ على ورقِ الرسمِ البيانيِّ نقاطًا تُمثِّلُ نصفَ القُطْرِ الأيونيِّ مقابلَ العددِ الذرِّيِّ.
1. أَصِلُ بينَ النقاطِ الناتجةِ منْ عناصرِ الدورةِ الواحدةِ باستخدامِ قلمِ تلوينٍ.
1. 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 (10-2) بناءً على الرسمِ البيانيِّ.

www.jnob-jo.com

طاقةُ التأيُّنِ Energe Ionization

إنَّ عمليةَ تحوُّلِ الذرَّةِ المُتعادِلةِ إلى أيونٍ موجبٍ عنْ طريقِ فقْدِها إلكترونًا واحدًا أوْ أكثرَ منْ إلكتروناتِ التكافؤِ تتطلَّبُ تزويدَ الإلكتروناتِ بطاقةٍ كافيةٍ لنقلِ الإلكترونِ إلى المستوى الابعد عنِ النواةِ، 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:

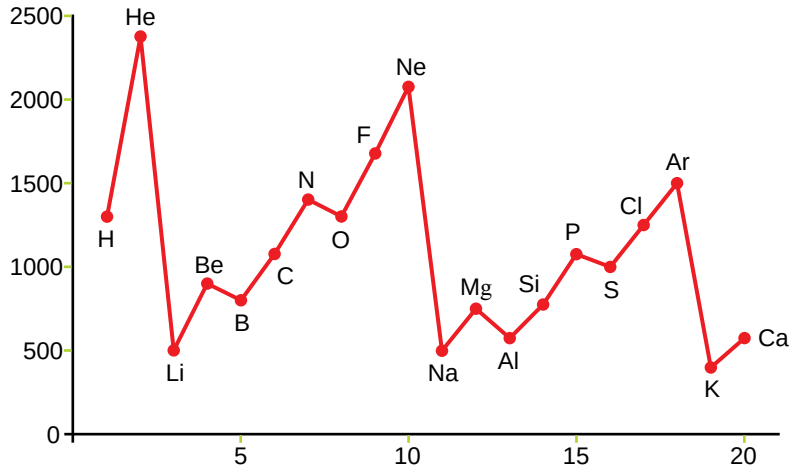
$$M_{(g)} + \text{طاقة} \rightarrow M^{+}_{(g)} + e^{-}$$

يعتمدُ تحديدُ مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ على قوَّةِ التجاذبِ بينَ بروتوناتِ النواةِ والإلكتروناتِ؛ فكلَّما ازدادَ نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ أصبحَتِ الإلكتروناتُ أبعدَ عنِ النواةِ، وأقلَّ ارتباطًا بها، فيقلُّ مقدارُ طاقةِ التأيُّنِ. وبزيادةِ شحنةِ النواةِ الفعالةِ (مع بقاءِ عددِ مستوياتِ الطاقةِ ثابتًا) يزدادُ جذبُ النواةِ لالكتروناتِ المستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ من مقدارِ طاقةِ التأيُّنِ، أنظرُ الشكلَ (11-2) الذي يُبيِّنُ قيمَ طاقةِ التأيُّنِ لعددٍ منَ العناصرِ.

الربط بين الكيمياء والرياضيات

توجدُ صلةٌ وثيقةٌ بينَ الصفاتِ الدوريةِ للعناصرِ الكيميائيةِ والأنماطِ في مبحثِ الرياضياتِ؛ إذْ تتكرَّرُ الصفاتُ وفقَ تسلسلٍ مُحدَّدٍ في المجموعةِ الواحدةِ والدورةِ الواحدةِ "حيث يمكن التنبؤ بالصفة للعنصر قياسا على نمط التغيير عبر الدورة والمجموعة".

افسر طاقة تاين Mg اعلى من طاقة تاين Al.



الشكلُ (11-2): قيمُ طاقةِ التأيُّنِ لعددٍ منَ العناصرِ.

www.jnob-jo.com

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 عنْها 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.

أفكر think قيمُ طاقةِ التأيُّنِ للمغنيسيومِ $_{12}Mg$ 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 :
Ne، He، Na، C، Li.

يرمز لطاقة التاين الاولى ط1، وللثانية ط2، والثالثة ط3 ..... وهكذا

الالفة الالكترونية 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. ويُطلَقُ على مقدارِ التغيُّرِ في الطاقةِ المُقترِنِ بإضافةِ إلكترونٍ إلى الذرَّةِ المُتعادِلةِ في

www.jnob-jo.com

الحالةِ الغازيةِ اسمُ الالفة الالكترونية، ويعبر عنها بالمعادلة التالية.

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

السالبيةُ الكهربائيةُ Electronegativity

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

تُعرَّفُ السالبيةُ الكهربائيةُ (الكهروسلبيةُ) **Electronegativity** بأنَّها "قدرةُ الذرَّةِ على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ إليْها"، وذلكَ اعتمادًا على نصفِ قُطْرِ الذرَّتيْنِ المُكوِّنتيْنِ للرابطةِ؛ فكلَّما زادَ نصفُ قُطْرِ الذرَّةِ قَلَّ انجذابُ الإلكتروناتِ المشتركةِ إليْها، علمًا بأنَّ أصغرَ الذرّاتِ حجمًا هيَ أكثرُها قدرةً على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ؛ ما يعني أنَّ السالبيةَ الكهربائيةَ تزدادُ في الدورةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ، وتزداد بالاتجاه من الاسفل الى الاعلى عبر المجموعة الواحدة.

ما العلاقة بين قيم السالبية الكهربائية والحجم الذري للعنصر ؟

تُعَدُّ ذرَّةُ الفلورِ أكثرَ الذرّاتِ سالبيةً كهربائيةً، تليها في ذلكَ ذرَّةُ الأكسجينِ، ثمَّ ذرَّةُ النتروجينِ، ويُبيِّنُ الشكلُ (2-12) قيمَ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.

✓ **أتحقَّقُ** أُرتِّبُ العناصرَ الآتيةَ تصاعديًّا بحسبِ السالبيةِ الكهربائيةِ:

$_{16}S$ ، $_{8}O$ ، $_{11}Na$ ، $_{7}N$.

السالبية الكهربائية

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 (2-12): قيمُ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.

www.jnob-jo.com

مراجعةُ الدّرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أُوضِّحُ المقصودَ بكلٍّ منَ المفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
   - نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.
   - طاقةُ التأيُّنِ.
   - الالفة الالكترونية.
   - السالبيةُ الكهربائيةُ.

2. مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ وترتيبِ العناصرِ فيهِ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:
   a. **أُفسِّرُ:** لماذا يكونُ الحجمُ الذرِّيُّ للأكسجينِ أصغرَ منْهُ لذرَّةِ الكربونِ؟
   b. **أُفسِّرُ:** لماذا تكونُ طاقةُ التأيُّنِ الأولى للصوديومِ أكبرَ منْها للبوتاسيومِ؟
   c. **أستنتجُ:** أيُّ الأيوناتِ الآتيةِ أكبرُ حجمًا: N^{-3}، أمْ O^{-2}، أمْ F^{-1}؟
   d. **أستنتجُ:** أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ طاقةُ تأيُّنِهِ الثانيةُ أعلى: Mg، أمْ N ، أمْ S؟
   e. **أستنتجُ:** أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أصغرُ: B، أمْ C ، أمْ N؟
   f. **أستنتجُ:** أيُّ الآتيةِ أكثرُسالبية كهربائية: S ، أمْ Si، أمْ Cl؟
   g. **افسر:** لماذا يزداد حجم الايون السالب عن ذرته.
   h. **أُفكِّرُ:** ما سببُ الانخفاضِ الكبيرِ في طاقةِ التأيُّنِ الأولِ للعناصرِ التي تلي الغازاتِ النبيلةَ في الجدولِ الدوريِّ؟

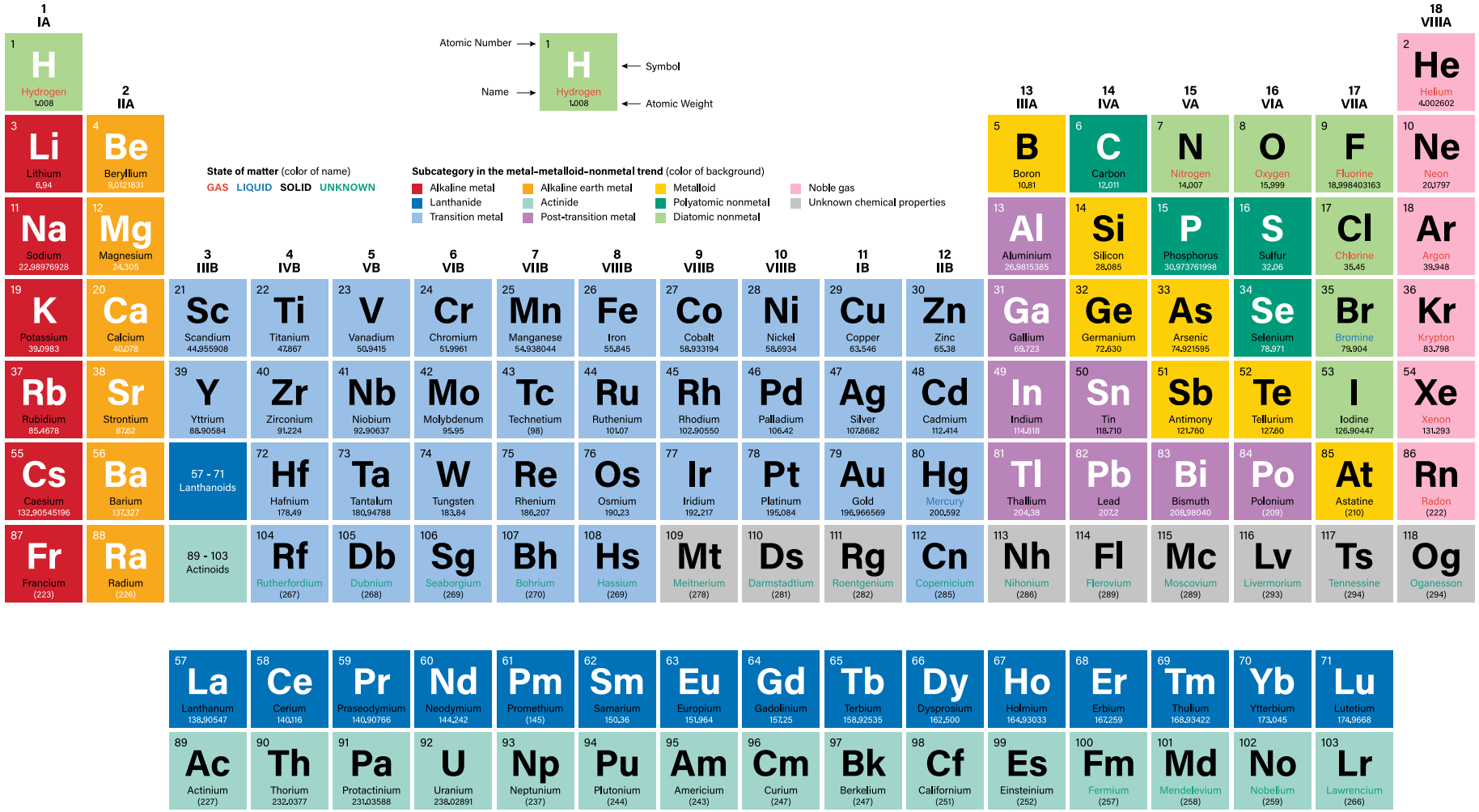
3. أكتبُ معادلةً كيميائيةً تُمثِّلُ:
   a. اكتسابَ ذرَّةِ عنصرٍ طاقةً لفقْدِإلكترونٍ واحدٍ.
   b. إضافةَإلكترونٍ واحدٍإلى ذرَّةِ عنصرٍ، وانطلاقَ طاقةٍ.

4. **أُفكِّرُ.** لماذا تكونُ طاقةِ تأيُّنِ العنصرِ $_{7}N$ أعلى منْهُاللعنصرِ $_{8}O$ بالرغمِ منْ أنَّ العددَ الذرِّيَّ N أصغرُمنَ العددِ الذرِّيِّ O؟

5. **استنتج:** ما علاقة قيم طاقة التاين بعدد الكترونات التكافؤ للذرات.

www.jnob-jo.com

Periodic Table of the Elements



www.jnob-jo.com

مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ
Atomic Force Microscope :AFM

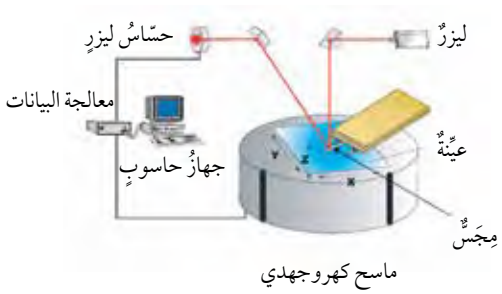
تَدينُ ثورةُ تقنيةِ النانو في تقدُّمِها المُتسارِعِ إلى التطوُّرِ الكبيرِ في تقنياتِ الميكروسكوباتِ الحديثةِ وتطبيقاتِها؛ ويسعى العلماءُ دائمًا إلى تطويرِ هذهِ الأجهزةِ؛ لفتحِ آفاقٍ علميةٍ وتقنيةٍ جديدةٍ تساعدُ على تعرُّفِ المزيدِ عنْ عالَمِ النانو، وكيفَ يُمكِنُ الإفادةُ منْهُ إفادةً مُثلى.

بوجهٍ عامٍّ، تُصنَّفُ الميكروسكوباتُ النانويةُ إلى نوعيْنِ، هما:

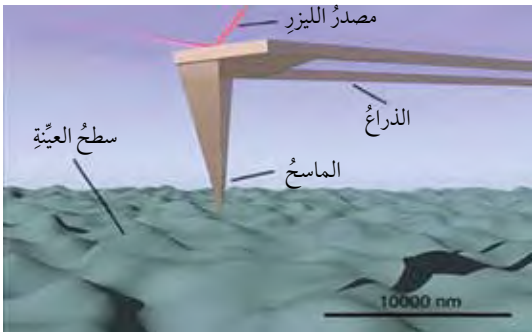
a. الميكروسكوباتُ الإلكترونيةُ EM، مثلُ: الميكروسكوبِ الإلكترونيِّ الماسحِ SEM، والميكروسكوبِ الإلكترونيِّ النافذِ TEM.

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.

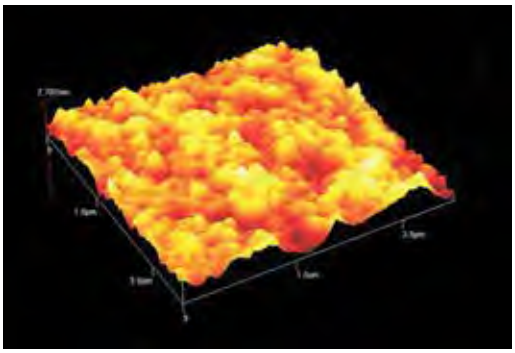


ماسح كهروجهدي



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 تعمَلُ 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 إيثان 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.

www.jnob-jo.com

1. أُوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:

شحنةُ النواةِ الفعالة، الحجمُ الأيونيُّ، الميلُ الإلكترونيُّ، طاقةُ التأيُّنِ الثانية.

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

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

b. ما عددُ الإلكتروناتِ المنفردةِ في ذرَّةِ كلٍّ منْها؟

c. ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ في ذرَّةِ العنصرِ S؟

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

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

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

3. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لعنصرٍ:

a. منَ الدورةِ الثالثةِ، والمجموعةِ الرابعةَ عشرةَ.

b. منَ الدورةِ الرابعةِ، والمجموعةِ السادسةِ B.

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

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

e. ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثلاثيِّ الموجبِ بالمستوى الفرعيِّ $4d^3$.

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

5. احدد الاصغر حجما في كل من الازواج الاتية:

(Ca , Ca^{+2}).، (S , S^{-2})، (O^{-2},Mg^{+2}) :

6. أيُّ الذرّاتِ تملكُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ أول في الأزواجِ الآتيةِ: (Na , K)، (N , Be)، (He, Ne)؟

7. أُفسِّرُ:

a. تتناقصُ حجومُ الذرّاتِ في الدورةِ الثالثةِ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الجدولِ الدوريِّ.

b. تتناقصُ طاقةُ تأيُّنِ عناصرِ المجموعةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ في الجدولِ الدوريِّ.

c. تزدادُ حجومُ الأيوناتِ السالبةِ مقارنةً بذرّاتِها.

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

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

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

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

www.jnob-jo.com

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

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

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

f. أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ حجمُهُ الذرِّيُّ أكبرُ: E ، أمْ R، أمْ V؟

g. أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ طاقةُ تأيُّنِهِ الثانية أعلى: M ، أمْ Y، أمْ R؟

h. أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ لهُ أقلُّ سالبيةٍ كهربائيةٍ: E، أمْ X، أمْ M؟

i. أيُّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ لهُ ميلٌ إلكترونيٌّ أكبرُ: R، أمْ M؟

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

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

a. أكتبُ رمزَ العنصرِ الذي يُمثِّلُ عنصرًا انتقاليًّا.

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

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

d. ما العددُ الذرِّيُّ لعنصرٍ منَ الدورةِ الثالثةِ ومجموعةِ النتروجينِ؟

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

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

g. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثانيةٍ؟

h. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى سالبيةٍ كهربائيةٍ؟

10. العنصرُ X هوَ منْ عناصرِ الدورةِ الثانيةِ، وقيمُ طاقةِ التأيُّنِ لهُ:

ط1= 900، ط2 = 1757 ،

ط3 = 14850، ط4= 21007

a. أُحدِّدُ رقمَ مجموعةِ العنصرِ X.

b. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للأيونِ X^{+1}.

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

a. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرَّةِ العنصرِ X.

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

c. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثالثةٍ؟

d. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أقلُّ طاقةِ تأيُّنٍ؟

e. أيُّ هذهِ العناصرِ أيونُهُ الثنائيُّ الموجبُ ذو أعلى سالبيةٍ كهربائيةٍ؟

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

www.jnob-jo.com

12. تُستخدَمُ مُركَّباتُ الباريومِ ومُركَّباتُ اليودِ بوصفِها موادَّ تباينٍ (مُظلِّلةٌ) في التصويرِ بالأشعةِ السينيةِ الملونةِ لبعضِ الأعضاءِ الداخليةِ والأوعيةِ الدمويةِ في الجسمِ، حيثُ 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 فقرةٍ ممّا يأتي:

1. المستوى الفرعيُّ الذي يُملَأُ أولًا بالإلكتروناتِ هوَ:

a. 4d b. 4P
c. 5P d. 5S

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

a. 6 بروتوناتٍ. b. 8 بروتوناتٍ.
c. 16 بروتونًا. d. 24 بروتونًا.

3. يُعَدُّ العنصرُ انتقاليًّا رئيسًا إذا انتهى توزيعُهُ الإلكترونيُّ بأفلاكٍ منْ نوعِ:

a. S b. P
c. d d. f

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

a. إلكترونانِ. b. 4 إلكتروناتٍ.
c. 6 إلكتروناتٍ. d. 16 إلكترونًا.

5. أصغرُ ذرَّةٍ حجمًا منَ الذرّاتِ الآتيةِ هيَ:

a. $_{14}Si$ b. $_{16}S$
c. $_{20}Ca$ d. $_{32}Ce$

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

a. $_{17}Cl$ b. $_{13}Al$
c. $_{19}K$ d. $_{20}Ca$

7. المعادلةُ التي تُمثِّلُ طاقةَ التأيُّنِ الرابعةَ للمغنيسيومِ هيَ:

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

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

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

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

8. تشيرُ الطاقةُ في المعادلةِ

$O_{(g)} + e \rightarrow O^{-1}{}_{(g)} + 141\ kj/mol$ إلى:

a. طاقةِ التأيُّنِ للأكسجينِ.

b. الكهروسلبيةِ للأكسجينِ.

c. الميلِ الإلكترونيِّ للأكسجينِ.

d. طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ للأكسجينِ.

www.jnob-jo.com

الْوَحْدَةُ 3

المركَّباتُ والرّوابطُ الكيميائيَّةُ

Compounds and Chemical Bonds

أقرأُ الصورةَ

يوجدُ حولَنا كثيرٌ منَ المركَّباتِ الكيميائيَّةِ التي تتكوَّنُ منْ ذرّاتٍ ترتبطُ ببعضِها بروابطَ مختلفةٍ، فما أنواعُ هذه الروابطِ؟ وكيفَ تؤثِّرُ في خصائصِ المركَّباتِ؟

www.jnob-jo.com

الفكرةُ العامَّةُ:

تعتمدُ خصائصُ المركَّباتُ الكيميائيَّةُ على الروابطِ بينَ مُكوِّناتِها.

الدرس الأول: الروابطُ الكيميائيَّةُ وأنواعُها

الفكرة الرئيسة: تتنوَّعُ الروابطُ الكيميائيَّةُ التي تربطُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ.

الدرس الثاني: الصِّيغُ الكيميائيَّةُ وخصائصُ المركَّباتِ

الفكرةُ الرَّئيسةُ: تَتَميَّزُ المركَّباتُ بصيغٍ كيميائيَّةٍ محدَّدةٍ وخصائصَ متنوِّعةٍ.

www.jnob-jo.com

الروابطُ في المركَّباتِ التساهُمِيَّةِ

الموادُّ والأدواتُ: مجموعةُ نماذجِ الجزيئاتِ (الكراتُ والوصلاتُ)

إرشاداتُ السلامةِ: أتَّبعُ إرشاداتِ الأمنِ والسلامةِ التي يزوِّدُني بها المعلمُ/ المعلِّمةُ.

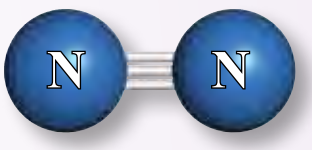
خطواتُ العملِ:

1 **ألاحظُ** الجدولَ الآتيَ، ثمَّ أستنتجُ عددَ الروابطِ التي يمكنُ أنْ تكوِّنها كلُّ ذرةٍ منها، وأختارُ نموذجًا لكلِّ ذرَّةٍ يتوافقُ عددَ الثُّقوبِ فيها معَ عددِ الروابطِ، وأُسجِّلُها في جدولِ كراسةِ التجاربِ:

العنصرُ	رمزُ ذرتِهِ	التركيبُ الإلكترونيُّ
الهيدروجين	**H**	$1s^1$
الأكسجين	**O**	$1s^2 2s^2 2p^4$
الكربون	**C**	$1s^2 2s^2 2p^2$
النيتروجين	**N**	$1s^2 2s^2 2p^3$

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

CH_4



N_2

CO_2

التحليلُ:

١. ما عددُالروابطِ التي تُكوِّنها كُلٌّ من الذرات: C، O، H، N؟

٢. **أستنتجُ** عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ المشتركةِ في الروابطِ الآتيةِ: (H–C)، (O=C)، (N≡N)؟

٣. ما عددُ الإلكتروناتِ التي تشاركُ بها كلٌّ منَ الذرّاتِ السابقةِ؟

٤. **أستنتجُ** المقصودَ بالرابطةِ التساهُمِيَّةِ؟

www.jnob-jo.com

الدرس 1

الروابطُ الكيميائيَّةُ وأنواعُها

Compounds and Chemical Bonds

الفكرةُ الرئيسةُ:

الروابطُ الكيميائيَّةُ التي تربطُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ ذاتُ أنواعٍ مختلفةٍ.

نتاجاتُ التعلّمِ:

يستقصي أنواع الروابط الكيميائية وكيفية تشكلها.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

تركيب لويس Lewis Structure

روابط كيميائية Chemical Bonds

الرابطة الأيونية Ionic Bond

المركبات الأيونية Ionic Compounds

الرابطة التساهمية Covalent Bond

الرابطة الفلزية Metallic Bond

بحر الإلكترونات Sea of Electrons

السالبية الكهربائية Electronegativity

تركيبُ لُويسَ Lewis Structure

اقترحَ العالمُ جيلبيرت لويس عامَ 1902 م طريقةً لتمثيلِ أشكالِ الجزيئاتِ أطلقَ عليها تركيب لويس Lewis Structure، وهيَ تمثيلٌ نقطيٌّ لإلكتروناتِ التكافؤِ التي تشاركُ في تكوينِ الروابطِ الكيميائيَّةِ، حيثُ يُرمزُ لكلِّ إلكترونِ تكافؤٍ بنقطةٍ واحدةٍ توضَعُ على رمزِ العنصرِ.

ترتبطُ الذرّاتُ ببعضِها عن طَريقِ فَقْدِ أو كَسْبِ أو المشاركةِ في الإلكتروناتِ، حتّى يصبحَ لها تركيبٌ إلكترونيٌّ مكتملٌ مُشابهٌ للتركيبِ الإلكترونيِّ للغازِ النبيلِ. ويوضِّحُ الجدولُ (1-3) التوزيعَ الإلكترونيَّ وتركيبَ لويس لعناصرِ الدورةِ الثالثةِ منِ الجدولِ الدَّوْرِيِّ:

الجدولُ (1-3) التوزيعُ الإلكترونيُّ

العنصرُ	العددُ الذريُّ	المجموعةُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	تركيبُ لويس للذرّةِ
الصوديوم	11	IA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$	Na•
المغنسيوم	12	IIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$	•Mg•
الألومنيوم	13	IIIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	•Al•
السيليكون	14	IVA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	•Si•
الفوسفور	15	VA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	:P•
الكبريت	16	VIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	•S:
الكلور	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 الذريُّ	3	9	5	7	4

www.jnob-jo.com

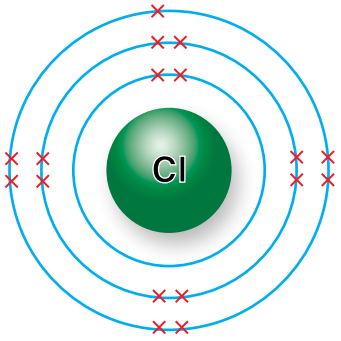
الروابطُ الكيميائيَّةُ Chemical Bonds

يتكـوَّنُ العالَـمُ حولَنـا مـنْ ذرّاتٍ، فالمـاءُ والهـواءُ الذي يحيـطُ بِنا، وأجسـامُنا فإنَّهـا تتكـوَّنُ مـنْ ذرّاتٍ مُتَناهِيَـةِ الصِّغَـرِ. ولا توجـدُ هـذهِ الـذرّاتُ بشـكلٍ منفـردٍ غالبًـا، بـلْ ترتبـطُ مـعَ بعضهـا بِقُـوى تَجـاذُبٍ مختلفةٍ تُسـمّى روابـطَ كيميائيَّـةً Chemical Bonds وهـيَ عبـارةٌ عـنْ قـوَّةِ تَجـاذُبٍ تَنْشَـأُ بيـنَ ذرَّتَيْـنِ أو أكثـرَ مـن خـلالِ فَقْـدِ الـذرَّةِ للإلكترونـاتِ أو اكتِسـابِها أو المشـارَكةِ بهـا مـعَ ذرَّة أخـرى أو عـدَّةِ ذرّاتٍ. ومثـالُ ذلـكَ الرّوابـطِ الأيونيّـةِ والروابـطِ التسـاهميَّةِ. فكيـفَ تَنشـأُهذهِ الروابـطُ؟ ومـا خصائـصُ المركَّبـاتِ التـي تنتُـجُ عنهـا؟

الرابطةُ الأيونيّةُ Ionic Bond

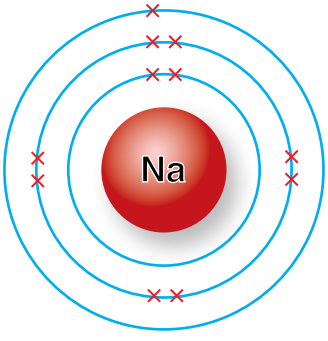
تفقـدُ ذراتُ بعـضِ العناصـرِ الإلكترونـاتِ، وتُكـوِّنُ أيونـاتٍ موجبـةٍ في حيـن تكسِـبُ ذراتُ بعـضِ العناصـرِ الإلكترونـاتِ وتُكوِّنُ أيونـاتٍ سالبةً. وتُسـمّى القـوَّةُ التـي تجـذبُ الأيونـاتِ ذاتَ الشـحناتِ المختلفـةِ فـي المركَّبـاتِ الرابطةَ الأيونيـةَ Ionic Bond ، وعادةً ما تنشـأ هـذهِ الرابطـة بيـنَ ذرات فلـزٍّ ولا فلـزٍّ، ومثـالُ ذلـكَ الرابطـةُ الأيونيـةُ فـي مركَّـبِ كلوريـدِ الصوديـوم NaCl، حيـثُ يحـدثُ تجـاذُبٌ بيـنَ أيـونِ الصوديـوم الموجـبِ وأيـونِ الكلوريـد السـالبِ، ويمكـنُ تمثيلُ عمليَّـةَ الترابـطِ بينَهمـا مـن خـلالِ تركيـبِ لويـس كمـا يأتـي:

يُعَـدُّ الكلـورُ لافلـزّ، وعـددُهُ الـذريُّ 17، مـا يعني أنّـه يحتـوي علـى 17 إلكترونًـا، ويمكـنُ تمثيلُـه بالشَّـكلِ الآتـي:



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

يُعَـدُّ الصوديـومُ فلزًّا،وعـددُه الـذريُّ 11، مـا يعني أنَّـه يحتـوي علـى 11 إلكترونًـا، ويمكـنُ تمثيلُـه بالشَّـكل الآتـي:

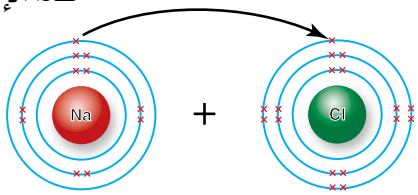


$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$

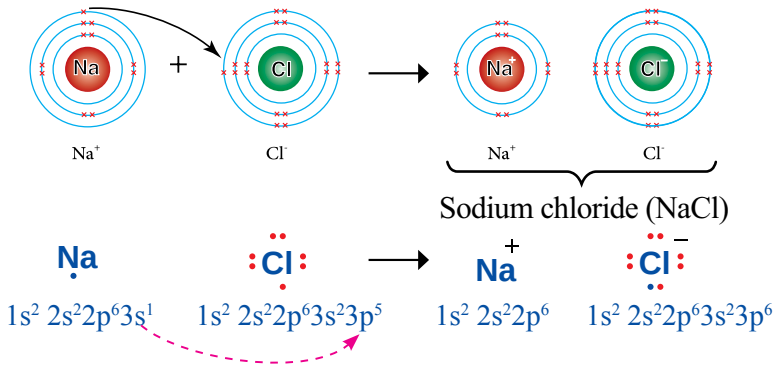
www.jnob-jo.com

لـذرَّةِ الكلـورِ 7 إلكترونـاتِ تكافُـؤٍ فـي مسـتوى الطاقـةِ الخارجـيِّ، وللوصـولِ إلـى مسـتوى طاقـةٍ خارجـيٍّ مكتمِـلٍ، فإنَّها تكسِـبُ إلكترونًـا مـنْ ذرَّةِ الصوديـوم.

لـذرَّةِ الصوديـوم إلكتـرونُ تكافـؤٍ واحـدٍ فـي مسـتوى الطاقـةِ الخارجـيِّ، وللوصولِ إلى مستوى طاقـةٍ خارجـيٍّ مكتمـلٍ، فـإنَّ ذرَّةَ الصوديـوم تفقـدُ هـذا الإلكتـرونَ، وتكتسِـبه ذرةَ الكلـورِ.



يَنْشـأُ أيـونٌ أحـاديٌّ موجـب Na^+؛ لأنَّ عـددَ البروتونـاتِ الموجبـةِ أكبرُمـن عـددِ الإلكتروناتِ السـالبةِ. وينشـأُ أيـونٌ أحاديٌّ سـالبٌ Cl^-، لأنَّ عـددَ البروتونـاتِ الموجبـةِ أقلُّ مِن عـددِ الإلكترونـاتِ السـالبةِ. فيحدُثُ بيـنَ الأيونَيْـنِ تجـاذُبٌ قـويٌّ، كمـا هـو مُوَضَّـحٌ فـي الشّـكلِ(1-3):



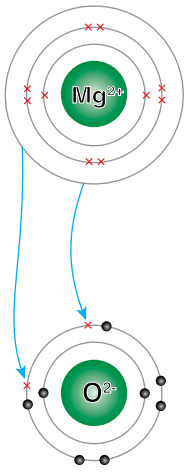
الشّكلُ (3-1): الترابطُ بينَ ذرَّتي الصوديوم والكلور.

ومـنَ الأمثلـةِ الأخـرى أنَّ المغنسـيوم يرتبـطُ مـعَ الأكسـجين لتكويـنِ مُرَكَّـبِ أكسـيدِ المغنسـيوم MgO، حيـثُ ينتقـلُ إلكترونَـي التكافـؤِ مـنْ مسـتوى الطاقـةِ الخارجـي لـذرّةِ المغنسـيوم التـي توزيعُهـا الإلكترونـيُّ ($1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$) إلـى ذرَّةِ الأكسـجين التـي توزيعُهـا الإلكترونـيُّ ($1s^2\ 2s^2 2p^4$)، فيتكـوَّنُ أيـونُ مغنيسـيوم ثنائـيٌّ موجـبٌ (Mg^{2+}) وأيـونُ أكسـيد ثنائـيٌّ سـالبٌ (O^{2-})، كمـا هـو مُوَضَّـحٌ فـي الشَّـكلِ(3-2).

أتحقَّقُ ما المقصود بالرابطة الأيونية؟

أفكر think يرتبـطُ الألومنيـوم (Al) مـعَ الكبريـتِ (S). لتكويـنِ مركَّـبِ (Al_2S_3)، فكيـفَ يتـمُّ ذلـكَ؟

أفسر أثر طاقة تأين ذرة Na وذرة Cl في تكوين الأيون الموجب والأيون السالب.



الشّكلُ (3-2): تكوُّنُ أيونِ Mg^{2+} وأيونِ O^{2-}.

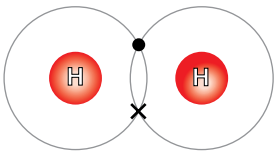
www.jnob-jo.com

الرابطةُ التّساهُميَّةُ Covalent Bond

دَرَسْتُ في ما سبقَ أنَّ الرابطةَ الأيونيّةَ تنشأُ بينَ أيونٍ موجبٍ وأيونٍ سالبٍ ناتجَيْنِ عن ذرَّتَيْنِ: إحداهُما تفقدُ إلكتروناتٍ والأخرى تكتسِبُها، فكيفَ يمكنُ أنْ تنشأَ رابطةٌ إذا كانتْ إحدى الذرَّتَيْنِ لا تميلُ إلى فَقْدِ أو اكتِساب إلكتروناتٍ؟

تميلُ ذرّاتُ العناصرِ اللافلزيّةِ إلى المشاركةِ بإلكتروناتِ التكافؤِ أو اكتِسابِها؛ للوصولِ إلى توزيعٍ إلكترونيٍّ يشبهُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النّبيلِ، وتُسمّى الرابطةُ الكيميائيَّةُ الناتجةُ من تشاركِ زوجٍ أو أكثرَ من الإلكتروناتِ بينَ ذرَّتَيْنِ أو أكثرَ من العناصرِ اللافلزيَّةِ الرابطةَ التساهميَّةَ Covalent Bond، وتُسمّى المركّباتُ الناتجةُ منها المركّباتِ التساهميَّةَ (الجزيئيَّةَ) Covalent Compounds.

H:H



H—H

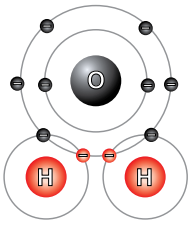
الشّكلُ (3-3): الرابطةُ التساهميَّةُ بينَ ذرَّتَي الهيدروجينِ H_2.

أنواعُ الروابطِ التساهميّةِ Types of Covalent Bonds

الرابطةُ التساهميّةُ الأحاديَّةُ Mono Covalent Bond هي الرابطةُ التي تَنشأُ عنْ تَشارُكِ ذرَّتَيْنِ بِزَوْجٍ واحِدٍ منَ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ الهيدروجين H_2، حيثُ ترتبطُ ذرّةُ هيدروجينٍ (توزيعُها الإلكترونيُّ $1s^1$) معَ ذرَّةِ هيدروجينٍ أخرى بمشارَكةِ كلٍّ منهُما بإلكترونِ تكافُؤٍ واحدٍ؛ لأنَّ كُلًّا منهما تحتاجُ إلى إلكترونٍ واحدٍ لكي يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ لها؛ لِذلكَ ينجذبُ زوجُ إلكتروناتِ الرابطةِ إلى نَواتَي الذرتَيْنِ. ويمكنُ تمثيلُ الرابطةِ التساهميَّةِ بينَ ذرَّتَي الهيدروجين، كما في الشكلِ (3-3) حيثُ يمثِّلُ كلُّ خطٍّ أو زَوْجٍ من النِّقاطِ رابطةً تساهميَّةً أحاديَّةً، تُسمّى سيجما، ويُرمَزُ لها بالرَّمْزِ σ.

ويُعَدُّ جزيْءُ الماءِ H_2O مثالًا آخرَ على الرابطةِ التساهميَّةِ، حيثُ تمتلكُ ذرّةُ الأكسجين ستّةَ إلكتروناتِ تكافؤٍ؛ لذلكَ تحتاجُ إلى إلكترونَيْنِ حتّى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ لها، فترتبطُ برابطةٍ تساهميّةٍ أحاديَّةٍ (سيجما) معَ كلِّ ذرّةٍ من ذرتي الهيدروجين، كما هوَ مُوَضَّحٌ في الشَّكْلِ (3-4).

H:O:H

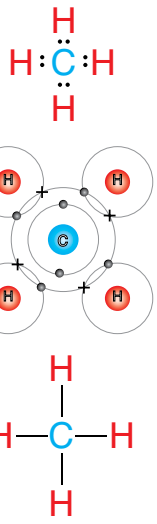


الشكل (3-4): الرابطة التساهمية في جزيء الماء H_2O.

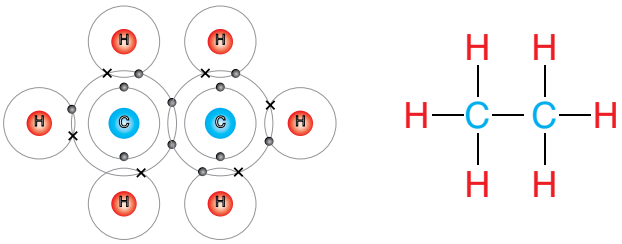
www.jnob-jo.com

وفي جزيء الميثان CH_4 فإن ذرة الكربون C تمتلك أربعة إلكترونات تكافؤ تتشارك بها مع أربع ذرات هيدروجين، فتنشأ أربع روابط تساهمية أحادية (سيجما) كما هو موضح في الشكل (3-5).

وقد يكونُ الجُزَيْءُ الّذي يحتوي على روابطَ تساهميَّةٍ أحاديَّةٍ أكثرَ تعقيدًا كما في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6. أنظرُ إلى الشّكلِ (3-6).

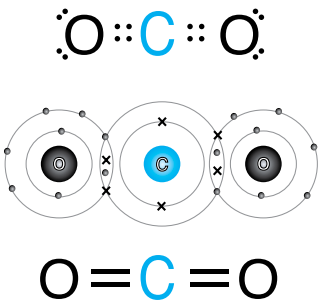


الشّكلُ (3-5): الرابطةُ التساهميَّةُ الأحاديَّةُ في جزيءِ الميثانِ CH_4.



الشّكلُ (3-6): الرابطةُ التساهميَّةُ الأحاديَّةُ في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6.

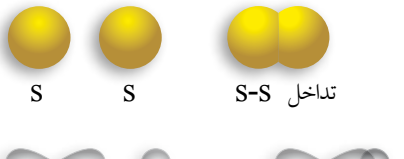
الرابطةُ التساهميَّةُ الثُّنائيَّةُ Double Covalent Bond هي الرابطةُ التي تَنشأُ عنْ تَشارُكِ ذرَّتيْنِ بزوْجَيْنِ منِ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2، حيثُ تحتاجُ ذرّةُ الكربونِ C إلى أربعةِ إلكتروناتٍ حتّى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ لها، في حين تحتاجُ إلى ذرّةِ الأكسجين O إلى إلكترونَيْنِ، وبذلكَ تَتشارَكُ ذرَّةُ الكربونِ معَ ذرَّتَيْ أكسجين، فَتنشأُ رابطَةٌ تساهميَّةٌ ثنائيَّةٌ (إحداهُما سيجما σ والثانيةُ تسمى باي π) بينَ ذرَّةِ الكربونِ وكلِّ ذرّةٍ من ذرَّتَيِ الأكسجين، كما هو مُوَضَّحٌ في الشّكلِ (3-7).



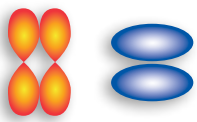
الشّكْلُ (3-7): الرابطةُ التساهميَّةُ الثنائيَّةُ في جزَيْءِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2.

الرابطةُ سيجما والرابطةُ باي:

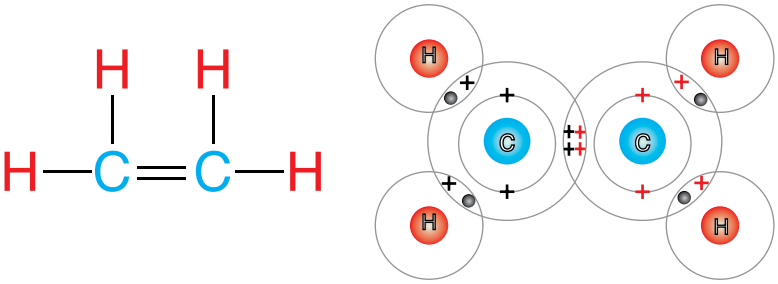
الرابطةُ سيجما: تنشأُ منَ التداخُلِ الرأْسِيِّ بينَ فلَكَيْ (s-s) أو فلَكَيْ (p-p)، أو فلكي (s-p) كما يظهرُ في ما يأتي:



الرابطةُ باي: تنشأُ منَ التداخُلِ الجانبيِّ بينَ فَلَكَيْ (p-p)، حيثُ تشكِّلُ مِنْطَقَةُ تداخُلِ الفَلَكَيْنِ أكبرَ احتمالٍ لوجودِ زوْجِ الإلكتروناتِ فيها، كما يظهرُ في ما يأتي:



www.jnob-jo.com

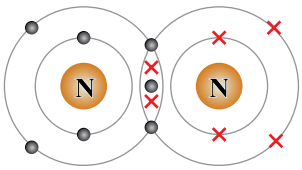


الشّكلُ (3-8): الرابطةُ التساهميَّةُ الثنائيَّةُ في جزيءِ الايثين C_2H_4.

ومثلُ ذلكَ أيضًا جزيءُ الإيثينِ C_2H_4، حيثُ تشتركُ ذرَّتا الكربونِ بزوجينِ منَ الإلكتروناتِ فيما بينَهُما، كما هو موضَّحٌ في الشّكلِ (3-8).

الرابطةُ التساهميَّةُ الثلاثيّةُ Triple Covalent Bond هي الرابطةُ التي تنشأُ عنْ تشارُكِ ذرَّتيْنِ بثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ النيتروجين N_2؛ إذْ تحتوي ذرَّةُ النيتروجينِ على خمسةِ إلكتروناتِ تكافؤٍ، وبذلكَ تحتاجُ إلى ثلاثةِ إلكتروناتٍ حتى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ لها، فتَتَشارَكُ الذرَّتانِ بثلاثةِ إلكتروناتٍ منْ كلٍّ منهُما؛ لِتنشأَ رابطةٌ تساهميَّةٌ ثلاثيَّةٌ (رابطةُ سيجما σ ورابطتا باي π)، كما هو موضَّحٌ في الشّكلِ (3-9).

:N⋮⋮N:



N≡N

الشّكلُ (3-9): الرابطةُ التساهميَّةُ الثلاثيَّةُ في جزيءِ النيتروجين N_2.

ويمكنُ بشكلٍ عامٍ تلخيصُ عددِ الروابطِ التساهميَّةِ التي تكوِّنُها ذراتُ العناصرِ في كلِّ مجموعةٍ من الجدولِ الدوريِّ كما في الجدول (3-2):

أذكر عدد أزواج الإلكترونات غير الرابطة على ذرة N الواحدة؟

أفكر think وضح كيف تتكون الروابط في جزيء HCN؟

✓ **أتحقَّقُ** ما المقصودُ بكلٍ من الروابط التساهميَّةِ: الأحاديَّةِ، الثنائيَّةِ، الثلاثيَّةِ؟

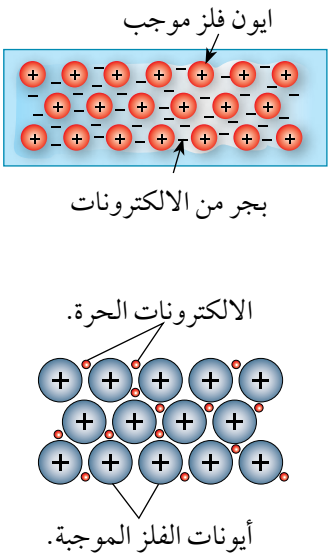
الجدولُ (3-2) عددُ الروابطِ التساهميَّةِ التي تُكَوِّنُها ذرّاتُ عناصرِ المجموعاتِ

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

www.jnob-jo.com

الرابطةُ الفلزيّةُ Metallic Bond

ترتبطُ ذرّاتُ عنصرِ الفلزِّ الواحدِ ببعضِها برابطةٍ تُسمّى **الرابطةَالفلزيّةَ Metallic Bond**، وتُعرَفُ هذهِ الرابطةُ بأنَّها قوَّةُ التجاذُبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشّبكةِ البلوريّةِ، وتنشأُ الرابطةُ الفلزيّةُ نتيجةَ فَقْدِ 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 هوَ موضَّحٌ في الشّكلِ (3-10):

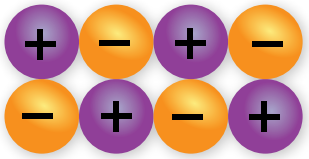
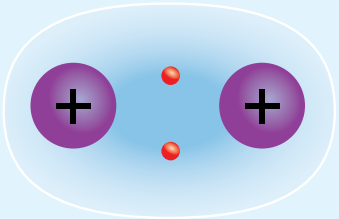
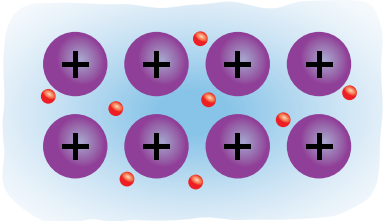


الشّكْلُ (3-10): نموذجُ الرابطةِ الفلزيَّةِ.

يوضِّحُ الجدولُ (3-3) مقارَنَةً بينَ الرابطةِ الأيونيّةِ والرابطةِ التساهميَّةِ، والرابطةِ الفلزيَّةِ، من حيثُ التجاذُبِ الحاصلُ في كلٍّ منها.

✓ **أتحقَّقُ** ما المقصود بالرابطة الفلزية؟

الجدولُ (3-3) عددُ الروابطِ التساهميَّةِ التي تُكوِّنُها ذرّاتُ عناصرِ المجموعاتِ

نوعُ الرابطةِ	نموذجٌ توضيحيٌّ	التجاذُبُ	مثالٌ
الأيونيّةُ		الأيوناتُ الموجبةُ والأيوناتُ السالبةُ لذرّاتِ فلزٍّ ولافلزٍّ.	NaCl
التساهميَّةُ		النواة الموجبة والإلكتروناتُ المشتركةُ لذراتِ اللافلزّاتِ.	HCl، O_2، N_2
الفلزيَّةُ		أيوناتُ الفلزِّ الموجبةِ والإلكتروناتُ حرَّةُ الحركةِ في الشبكةِ البلوريّةِ.	Na

www.jnob-jo.com

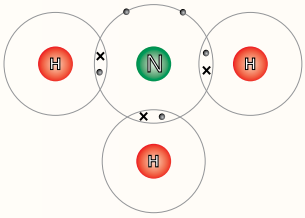
مراجعةُ الدّرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ.** كيفَ تتكون الروابط الكيميائية بين ذرات العناصر ؟

2. **أطبِّقُ.** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الذرّاتِ الآتيةِ، ثُمَّ أتوقَّعُ التّغيُّرَ الذي ينبغي حدوثُهُ؛ لِتَمتلِكَ كلُّ ذرّةٍ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ.

- النيتروجين
- الكبريت
- الليثيوم

3. يمثِّلُ الشكلُ الآتي جزيءَ الأمونيا، أدرُسُهُ جيِّدًا، ثمّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ التي تليه:



a. ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ لذرَّةِ N؟

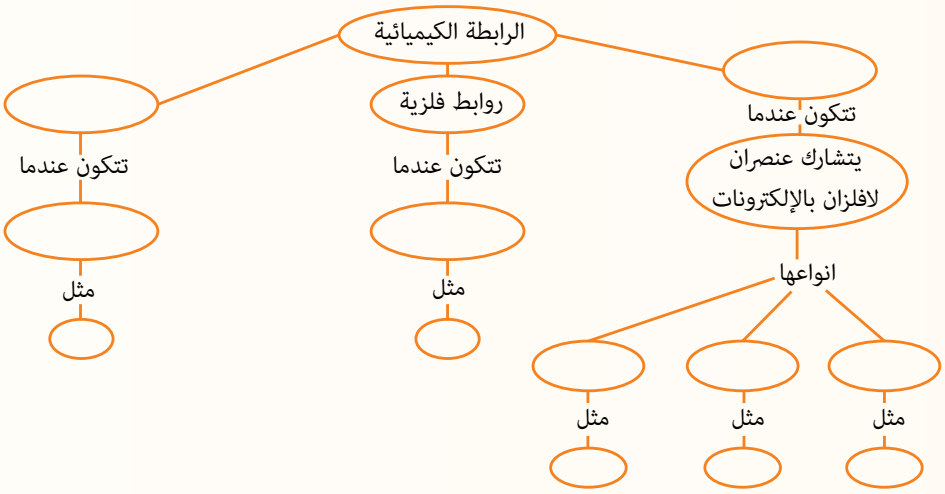
b. ما نوعُ الرابطةِ التساهميَّةِ في هذا الجزيءِ؟

c. ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ الرابطةِ؟

d. ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرِ الرابطةِ؟

4. يتكوَّنُ جزيءُ HCl من ارتباطِ ذرّةِ هيدروجين معَ ذرَّةِ كلور، أُبيِّنُ بالرسمِ هذا الترابطَ..

5. أُكملُ المخطَّطَ المفاهيميَّ الآتِيَ الذي يتعلَّقُ بموضوعِ الروابطِ الكيميائيَّةِ.



www.jnob-jo.com

الفكرةُ الرئيسةُ:
للمركَّباتِ الكيميائيَّةِ خصائصُ محدَّدةٌ تختلفُ باختلافِ نوعِ الروابطِ فيها.

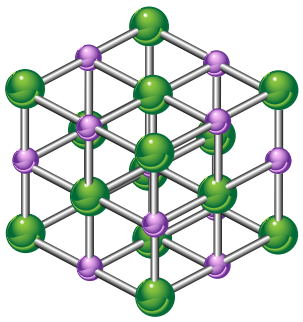
نتاجاتُ التعلُّمِ:
- يذكرُ خصائصَ بعضِ المركَّباتِ الكيميائيَّةِ منْ خلالِ نوعِ الرابطةِ فيها.
- يعبِّرُ عن بعضِ المركَّباتِ بالصِّيَغِ الكيميائيَّةِ.

المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
المركَّباتُ الأيونيّةُ
Ionic Compounds
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ
Boiling and Melting points
قاسيةٌ Hard
هشَّةٌ Brittle
الذائبيَّةُ Solubility
المركَّباتُ التساهميَّةُ (الجُزَيْئيَّة)
Covalent (molecular) Compounds
مُتطايرةٌ Volatile
الرموزُ Symbols
الصِّيَغُ الكيميائيَّةُ
Chemical Formula

الخصائصُ الفيزيائيَّةُ للمركَّباتِ الأيونيّةِ
Physical Properties of Ionic Compounds

تُسمّى المركَّباتُ التي تحتوي على روابطَ أيونيَّةٍ المركَّباتِ الأيونيّةَ Ionic Compounds. وتوجدُ على شكلِ بلوراتٍ صلبةٍ تترتب في شبكةٍ بلوريَّةٍ، ومنْ أمثلتِها بلورةُ كلوريدِ الصوديومِ (ملحِ الطعامِ) NaCl، إذْ يُحاطُ أيونُ الصوديومِ الموجبُ بستَّةِ أيوناتِ كلوريدِ السالبةِ، وكذلكَ يُحاطُ أيونُ الكلوريدِ السالبِ بستّةِ أيوناتِ صوديومٍ موجبةٍ، وهذا يُكْسِبُ المركَّبَ الأيونيّ القوَّةَ والصلابةَ، ويكونُ شكلُ هذهِ البلورةِ مكعبًا، كما هو مُوضَّحٌ في الشّكلِ (11-3).

ومنْ خصائصِ البلوراتِ الصلبةِ لهذهِ المركَّباتِ أنَّها قاسيةٌ Hard؛ بسببِ قوَّةِ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ في البلورةِ (قوّة الرابطةِ الأيونيّةِ). فيصعُبُ الفصلُ بينَ هذهِ الأيوناتِ. وتتَّصفُ البلوراتُ الأيونيّةُ الصلبةُ -أيضًا- بأنّها هشَّةٌ Brittle سهلةُ الكسرِ؛ لأنَّه عندَ الضغطِ على هذهِ البلورةِ فإنَّ الأيوناتِ متماثلةِ الشّحنةِ تقتربُ من بعضِها، فتَتنافَرُ وتبتعدُ عن بعضِها، فيَسْهلُ كَسْرُ البلورةِ وتَفتيتُها.



الشّكلُ (11-3): نموذجُ بلورةُ المركَّبِ الأيونيّ.

أفسر النسبة بين أيونات الصوديوم الى أيونات الكلوريد في البلورة.

www.jnob-jo.com

الجدولُ (4-3) درجاتُ انصهارِ وغليانِ مُرَكَّبَيْ NaCl و MgO.		
المركّبُ	درجةُ حرارةِ الانصهارِ (°C)	درجةُ حرارةِ الغليانِ (°C)
NaCl	801	1413
MgO	2852	6300

وتمتازُ المركّباتُ الأيونيّةُ أيضًا بارتفاعِ درجاتِ الانصهارِ والغليانِ Boiling and Melting points؛ لأنَّه يحتاجُ إلى طاقةٍ كبيرةٍ للتغلُّبِ على قوى التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ. أنظرُ إلى الجدولِ (4-3) الذي يُبيِّن درجاتِ انصهارِ وغليانِ مُرَكَّبَيْ NaCl وMgO.

تلاحظُ منَ الجدولِ أنَّ درجةَ انصهارِوغليانِ مركَّبِ MgO الذي يحملُ الشحناتِ $Mg^{2+}O^{2+}$ أعلى من درجةِ انصهارِ وغليانِ $Na^{1+}Cl^{1-}$؛ لأنَّ زيادةِ الشحناتِ على الأيوناتِ تؤدّي إلى زيادةِ قوّةِ التجاذبِ بينَها، فتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ للتغلُّبِ عليها.

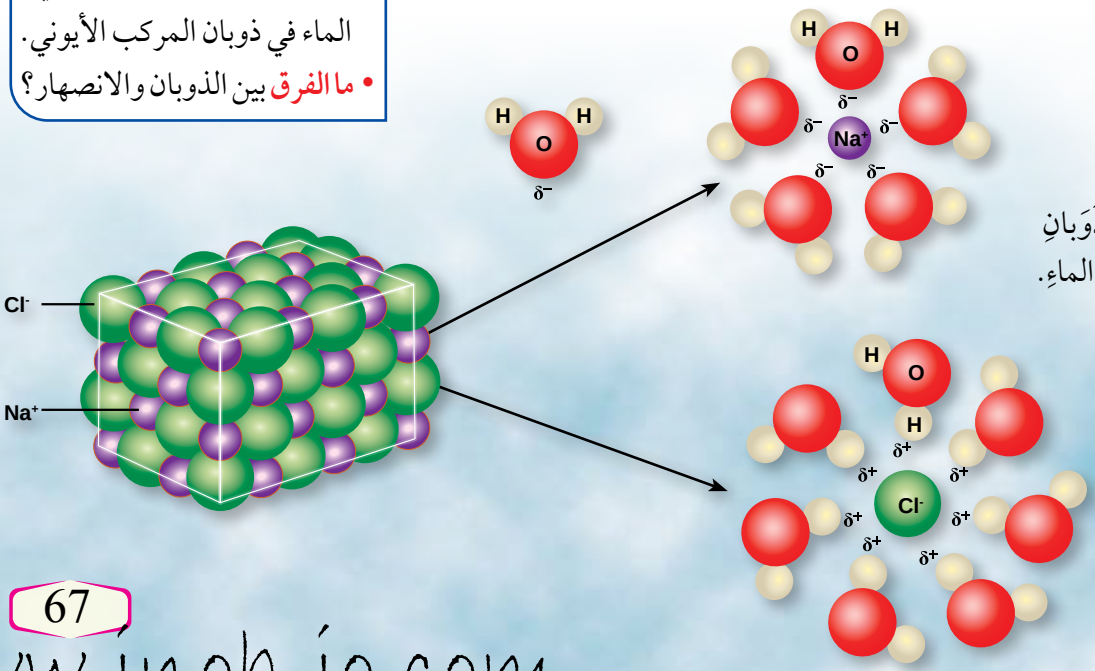
وتمتازُ المركّباتُ الأيونيّةُ بذائبيّةٍ Solubility عاليةٍ في الماءِ؛ إذْ تذوبُ بسهولةٍ بسببِ قدرةِ جزيئاتِ الماءِ على عملِ تجاذبٍ معَ أيوناتِ البلورةِ، كما في الشّكلِ (12-3) ما يؤدّي إلى فَصْلِ الأيوناتِ عن البلورةِ، وتصبحُ حُرَّةَ الحركةِ بينَ جزيئاتِ الماءِ.

الربطُ معَ الحياةِ

أُكسيدُ المغنسيومِ MgO

يستخدَمُ مركَّبُ أكسيدِ المغنسيومِ MgO على نطاقٍ واسعٍ في الصناعاتِ المتعلِّقةِ في أعمالِ البناءِ، حيثُ يدخلُ في صناعةِ الإسمنتِ وصناعةِ الموادِّ المقاومةِ للحرائقِ مثلِ الطوبِ الحراريّ، وذلكَ لارتفاعِ درجةِ انصهارِهِ التي قدْ تصلُ إلى درجةٍ أكبرَ منْ 2800 °C.

- **أفسر** أثر الشحنات على جزيء الماء في ذوبان المركب الأيوني.
- **ما الفرق** بين الذوبان والانصهار؟



الشكل (12-3): ذَوَبانِ المركَّبِ الأيونيّ في الماءِ.

www.jnob-jo.com

التجربةُ 1

التوصيلُ الكهربائيُّ للمركَّباتِ الأيونيّةِ

المـوادُّ والأدواتُ: ملـحُ الطعـامِ NaCl، مـاءٌ، دارةٌ كهربائيَّـةٌ، كأسٌ زجاجيَّـةٌ، وعـاءٌ.

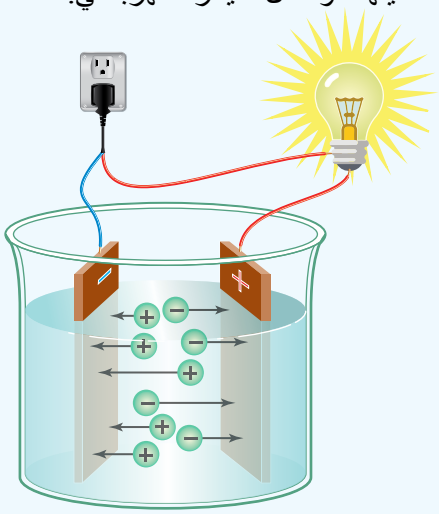
إرشـاداتُ السـلامَةِ: أرتـدي معطـفَ المختبـرِ، وألبـسُ القفازيْـنِ، وأَضَـعُ النظـاراتِ الواقيـةِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُكوِّنُ دارةً كهربائيَّةً موصولةً إلى قُطْبَيْ جرافيت.
2. أضـعُ 50g مـنْ ملـحِ الطعـامِ فـي وعـاءٍ، ثُـمَّ أغمسُ قُطْبَـي الجرافيـتِ فـي الملـحِ. وألاحـظُ مـا يحـدثُ للمصبـاحِ الكهربائـيِّ فـي الـدارةِ.
3. أُذيبُ 50g من ملحِ الطعامِ في كأسٍ زجاجيَّةٍ مملوءَةٍ حتّى منتصَفِها بالماءِ، ثمَّ أغمسُ قطبي الجرافيتِ في المحلول، وألاحِظُ ما يحدُثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.

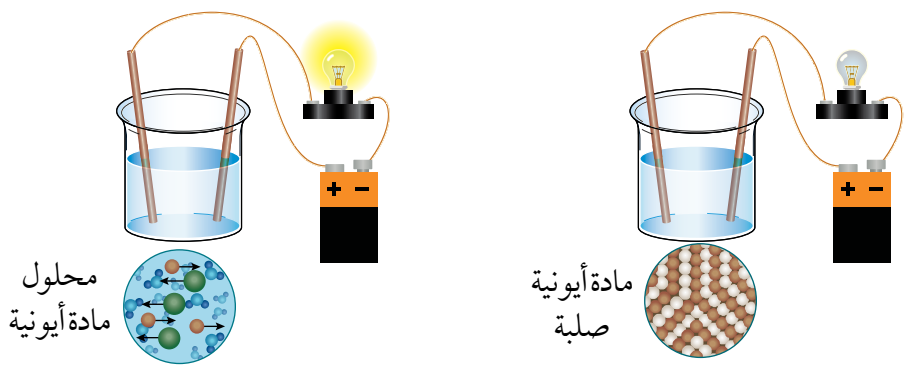
التحليلُ والاستنتاجُ:

1. في أيِّ الحالتينِ أضاءَ المصباحُ؟
2. **أفسِّرُ** سببَ عدمِ توصيلِ المركَّباتِ الأيونيّةِ للتيارِ الكهربائيِّ وهيَ في الحالةِ الصلبةِ، في حينِ أنّ محاليلَها توصلُ التيّارَ الكهربائيّ.



ملح الطعام

عرفـتُ مـنَ التجربـةِ السـابقةِ أنَّ المركَّبـاتِ الأيونيّةَغيـرُ موصِلـةٍ للتيّـارِ الكهربائـيِّ وهـي فـي الحالـةِ الصلبَـةِ؛ ويرجـعُ ذلـكَ إلـى قـوى التجـاذبِ القويَّـةِ بيـنِ الأيونـاتِ مختلفـةِ الشـحنةِالتي تجعـلُ هـذهِ الأيونـاتِ مُقيَّـدَةً فـي أماكِنِهـا فـي البلـورةِ وتمنـعُ حركتَهـا، ولكـنَّ محاليـلِ أو مَصاهيرَهـذهِ المركَّبـاتِ موصِلَـةٌ للتيّـارِ الكهربائـيّ بشـكلٍ جيِّـدٍ؛ لأنَّ الأيونـاتِ تَتفـكَّكُ عنـدَ صَهْرِهـا أو إذابتِهـا في المـاءِ، فتصبحُ حرَّةَالحركـةِ. كمـا هـوَ موضَّـحٌ فـي الشّـكلِ (13-3).



الشكل (13-3): التوصيل الكهربائي للمركب الأيوني.

www.jnob-jo.com

الخصائصُ الفيزيائيَّةُ للمركَّباتِ التساهميَّةِ

Physical Properties of Molecular Compounds

تسمّى الموادُّ التي تحتوي على روابطَ تساهميَّةٍ المركَّباتِ التساهميّةِ (الجزيئيَّةِ) Covalent (molecular) Compounds. وتوجدُ عادةً في إحدى الحالاتِ الفيزيائيّةِ الصلبةِ أو السائلةِ أو الغازيَّةِ، كما تمتلكُ المركبات التساهمية البسيطة درجاتِ انصهارٍ وغليانٍ منخفضةٍ مقارنة بالمركبات الأيونية، وبهذا تُعَدُّ مركَّباتٍ مُتطايِرةً Volatile. وكذلك فان غالبية المركبات التساهمية غيرَ قابلةٍ للذوبانِ في الماء، ولا تحتوي محاليلها على أيونات وبذلك فهي بشكلٍ عامٍّ غيرُ موصلةٍ للتيّارِ الكهربائيِّ، ومن الجدير بالذكر أن بعضها يصبح موصلا للتيار الكهربائي بعد إذابته في الماء لإحتواء المحلول على أيونات كما في حالة جزيئات HCl.

التجربةُ 2

التوصيلُ الكهربائيُّ للمركَّباتِ التساهميَّةِ

الموادُّ والأدواتُ: سُكَّرُ الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، ماءٌ، دارةٌ كهربائيَّةٌ، كأسٌ زجاجيَّةٌ، سخّانٌ كهربائيٌّ، وعاءٌ.

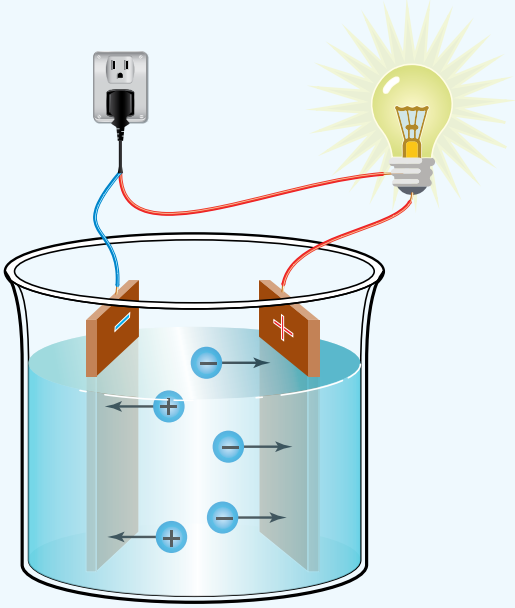
إرشاداتُ السلامةِ: أرتدي معطفَ المختبرِ، وألبسُ القفازيْنِ، وأضَعُ النظاراتِ الواقيةِ، وأتعاملُ بحذرٍ عندَ تسخينِ الوعاءِ.

خطواتُ العملِ:

1. أُكوِّنُ دارةً كهربائيَّةً موصولةً إلى قُطْبَيْ جرافيت.
2. أضعُ 50g منْ سكَّرِ الجلوكوزِ في وعاءٍ، ثُمَّ أغمسُ قُطبَي الجرافيتِ في السكر، وأُلاحظُ ما يحدُثُ للمصباحِ الكهربائيّ في الدارةِ.
3. أُذيبُ 50g منْ سكَّرِ الجلوكوزِ في كأسٍ زجاجيَّةٍ، وأستخدمُ السخّانِ الكهربائيّ لإذابَةِ الكميّةِ كلِّها منَ السكرِ إنْ تطلَّبَ الأمرُ ذلكَ، ثُمَّ أغمسُ قُطبَي الجرافيتِ في المحلول، وألاحظُ ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارَةِ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. هل أضاءَ المصباحُ في كلا الحالتين؟
2. **أفسِّرُ** ملاحظاتي.



سكر الجلوكوز

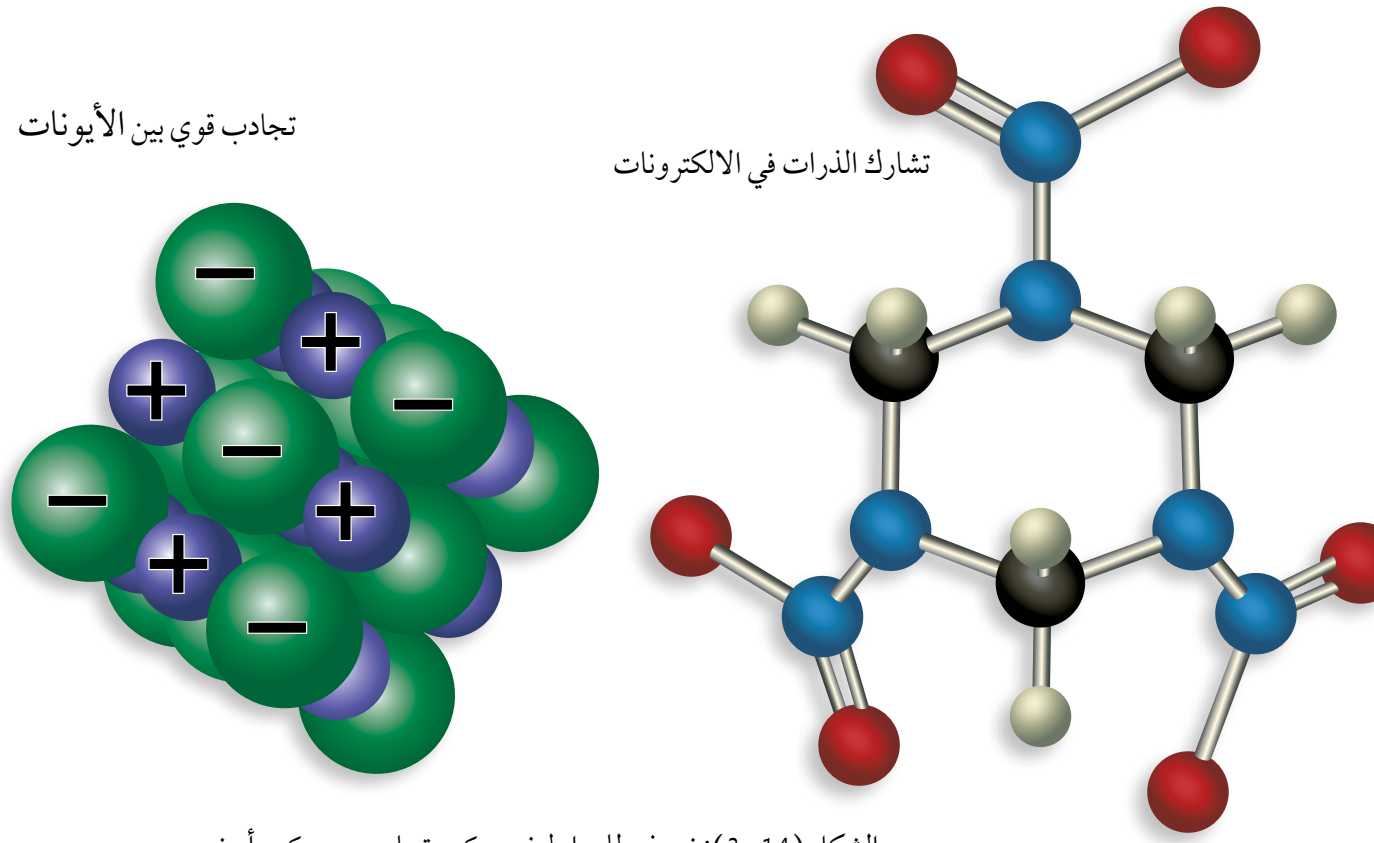
www.jnob-jo.com

الجدولُ (3-5)	مقارنةٌ بينَ المركَّباتِ الأيونيّةِ والمركَّباتِ التساهميّةِ.	
الخاصيّةُ	المركَّباتُ الأيونيّةُ	المركَّباتُ التساهميَّةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ	عاليةٌ	غالبًا منخفضةٌ
التطايرُ	غيرُ متطايرةٍ	متطايرةٌ
الذائبيّةُ في الماء	تذوبُ	غالبًا لا تذوبُ
توصيلُ الكهرباءِ في الحالةِ الصلبةِ	غيرُ موصلةٍ	غيرُ موصلةٍ (ما عدا الجرافيتَ)
توصيلُ الكهرباءِ في حالةِ المحلولِ	موصِلةٌ	بشكلٍ عامٍّ غيرُ موصلةٍ (لكن بعضها موصل)

يوضِّحُ الجدولَ (3-5) مقارنَةً بينَ المركَّباتِ الأيونيةِ والمركَّباتِ التساهميّةِ، منْ حيثُ درجاتُ الانصهارِ والغليانِ، والتطايُرِ، والذائبيّةِ، وتوصيلُها للكهرباءِ كما يبين الشكل (3-14) نموذجا للروابط في كل من المركبين.

أقارن بين المركبات التساهمية والمركبات الأيونية من حيث الروابط بين مكونات كل منهما.

✓ **أتحقَّقُ** أذكرُ الخصائصَ العامَّةَ للمركَّباتِ التساهميّةِ.



الشكل (3-14): نموذج للروابط في مركب تساهمي ومركب أيوني.

www.jnob-jo.com

الخصائصُ الفيزيائيّةُ للفلزّاتِ Physical Properties for Metals

تُستخدمُ الفلزّات بشكلٍ كبيرٍ في حياتِنا اليوميّةِ في مجالاتٍ عديدةٍ.ولا شكّ في أنّ الفلزّات موادُّصلبةٌ (ما عدا الزئبقَ، فهوَسائلٌ)، وتمتازُ الفلزّات بأنَّها لامعةٌ Shiny، وقابلةٌ للطَّرْقِ Malleable، وقابلةٌ للسَّحْبِ Ductile. فعندَ طَرْقِ فلزٍّ ما تَتكوَّنُ صفائحَ، وحينَ سَحْبِهِ تتكوَّنُ أسلاكٌ.وهذا يعني أنَّ بلورةَ الفلزِّ لا تتكسَّرُ؛ لأنَّ صفوفَ الأيوناتِ الموجبةِ تنزلقُ عن بعضِها، لكنَّها تبقى في بحرِ الإلكتروناتِ نفسِهِ، كما هو موضَّحٌ في الشّكلِ (15-3).

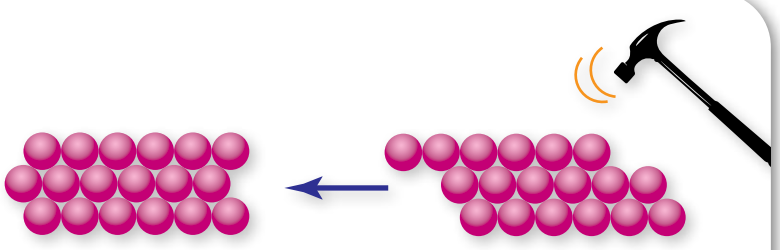
وممّا تمتازُ بهِ الفلزّاتُ أيضًا أنّها موصلَةٌ جيِّدةٌ للكهرباءِ والحرارةِ Conductors of Electricityand Heat؛ بسببِ حركةِ الإلكتروناتِ الحُرّةِ في بلورةِ الفلزِّ.

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

أفسر أثر بحر الالكترونات في قابلية الفلز للطرق والسحب.

الربطُ معَ الصِّحَّةِ

استخدَمَ أطبّاءُ الأسنانِ منذُ القِدَمِ مزيجًا مكوَّنًا من فلزّاتٍ مختلفةٍ، مثلِ: النحاسِ والفضّةَ والقصديرِ والزّئبقِ؛لِحَشْوِ فجواتِ الأسنانِ، ولكنّهم وجدوا أنّ الشخصَ يتعرَّضُ لأبخِرَةِالزّئبقِ السامَّةِ؛لِذا مُنِعَ استخدامُها في طبِّ الأسنانِ، واستُخدمَ بدلًا من ذلك مزيجٌ منَ الصّمْغِ والبورسلانِ بوصفِهِ بديلًا آمِنًا أمّا في مجال تقويمِ الأسنانِ فقدِ استخدمو اسبائكَ مكوَّنةً منَ النيكلِ والتيتانيومِ؛ لأنَّها لا تصدأُ ولا تتآكلُ.



الشكلُ (15-3): الفلزّاتُ قابلةٌ للطَّرْقِ والسَّحْبِ.

www.jnob-jo.com

الصَّيَغُ الكيميائيَّةُ للمركَّباتِ Chemical formulas for compounds

نستخدمُ الرموزُ والصِّيغُ الكيميائيَّةُ للتعبير عن المركَّباتِ الكيميائيَّةِ.

والرموزُ Symbols: طريقةٌ لتمثيلِ ذراتِ العناصرِ، ويبين الجدولِ (6-3) اسماء بعض العناصر وشحنة الأيون وتكافؤ العنصر.

ويُلاحَظُ منَ الجدولِ أنَّ تكافؤَ العنصرِ يساوي عددَ الإلكتروناتِ التي تفقدِها الذرّةُ أو تكسِبها أو تشاركُ بها، وكذلك فان تكافؤ العنصر يساوي عدديا شحنته.

أمّا الصِّيَغُ الكيميائيَّةُ Chemical Structure فهيَ طريقةٌ موجزةٌ للتعبيرِ عنْ عددِ ذرّاتِ العناصر ونوعِها والتي يتكوَّنُ منها أيُّ مركَّبٍ كيميائيٍّ،فمثلًا مركَّبُ $MgCl_2$ يتكوَّن منْ عنصرَيِ المغنيسيومِ Mg، والكلور Cl، أمّا الرَّقْمُ 2 فإنَّهُ يشيرُ إلى عددِ ذراتِ الكلورِ في هذا المركَّبِ، ويكتبُ أسفلَ يمينِ العنصرِ.وعادة تسمى مثل هذه المركبات بكتابة اسم الأيون السالب (Cl^- كلوريد) أولا ثم أسم الأيون الموجب (Mg^{2+} مغنيسيوم) ثانيا لذلك يسمى المركب $MgCl_2$ كلوريد المغنيسيوم.

الجدولُ (6-3) اسماء بعض العناصر وشحنة الأيون وتكافؤ العنصر.

	العنصرُ	شحنة أيونِهِ	العنصرُ	شحنة أيونِهِ
عناصرُ أحاديَّةُ التكافؤِ	الفضة	Ag^{1+}	الهيدروجين	H^{1+}
	الليثيوم	Li^{1+}	الفلور	F^{1-}
	الصوديوم	Na^{1+}	الكلور	Cl^{1-}
	البوتاسيوم	K^{1+}	البروم	Br^{1-}
عناصرُ ثنائيَّةُ التكافؤِ	النحاس	Cu^{2+}	الخارصين	Zn^{2+}
	الكالسيوم	Ca^{2+}	النيكل	Ni^{2+}
	الحديدُ	Fe^{2+}	الكبريت	S^{2-}
عناصرُ ثلاثيَّةُ التكافؤِ	الألومنيوم	Al^{3+}	النيتروجين	N^{3-}
	الحديد	Fe^{3+}	الفوسفور	P^{3-}
عناصرُ رباعيَّةُ التكافؤِ	الكربون	C	السيليكون	Si

www.jnob-jo.com

الجدول (7-3) المجموعاتُ الأيونيّةُ وشحنة وتكافؤُ كلٍّ منها.			
	اسمُ المجموعةِ	الرمزُ	الشحنة
مجموعاتٌ أيونية أحاديّةُ التكافؤِ	الهيدروكسيد	OH^-	1-
	النترات	NO_3^-	1-
	البيكربونات	HCO_3^-	1-
	الأمونيوم	NH_4^+	1+
	البيرمنجنات	MnO_4^-	1-
مجموعاتٌ أيونية ثنائيّةُ التكافؤِ	الكربونات	CO_3^{2-}	2-
	الكبريتات	SO_4^{2-}	2-
	الكرومات	CrO_4^{2-}	2-
	الدايكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$	2-
مجموعاتٌ أيونية ثلاثيّةُ التكافؤِ	الفوسفات	PO_4^{3-}	3-

وتوجدُ أيوناتٌ مكوَّنةٌ منْ أكثرِ منْ ذرّةٍ واحدَةٍ (متعدّدةُ الذرّاتِ)، تُسمّى المجموعاتِ الأيونية. ونتعامَلُ معَها وحدةً واحِدةً، كما في رموزِ العناصرِ. وترتبطُ ذراتُها فيما بينَها بروابطَ تساهميَّةٍ، أمّا إذا ارتبطتْ بأيونٍ آخرَ فإنَّها ترتبطُ معَهُ بروابطَ أيونيّةٍ، ويبين الجدولِ (7-3) اسم المجموعة الأيونية ورمزها وشحنتها وتكافؤها.

وبنفس الطريقة السابقة نسمي المجموعة الأيونية أولا ثم يليها اسم الأيون الموجب، فمثلا نسمي مركب $CaSO_4$ كبريتات الكالسيوم، ولِكتابةِ الصّيغَةِ الكيميائيَّةِ للمركَّبِ فإنَّهُ يجبُ معرفةُ رموزِ العناصرِ الداخلَةِ في تكوينِهِ وتكافُؤَ (أو شحنة) كلِّ عنصرٍ.

لذا، يمكنُ كتابةُ الصيغةِ الكيميائيَّةِ لمركَّبٍ ما أيوني أو جزيئي، باتِّباعِ الخطواتِ الآتيةِ بالترتيب:

1. نكتبُ اسمَ المركَّبِ باللغةِ العربيّةِ.
2. نكتبُ رموزَ العناصرِ الداخلةِ في تكوينِ المركَّبِ تحت اسم العنصر.
3. نكتبُ رقْمِ التكافؤِ أسفلَ كلِّ رمزٍ.
4. نبادل التكافؤاتِ بينَ الرمزَيْنِ.
5. إذا كانَتِ التكافؤاتِ أرقاما متساوية نحذفها،واذا كان بينها قاسمًا مشتركًا فإنَّنا نقسمُ على الرقم الأصغر حتّى نحصلَ على أبسطِ قيمةٍ عدديّةٍ صحيحة.
6. نكتبُ الصيغةَ النهائيَّةَ للمركَّبِ.

www.jnob-jo.com

مثال 1

أكتب الصيغةِ الكيميائيّةِ للمركّبِ أكسيد الألومنيوم:

الحل:

1. اسمُ المركَّبَ: أكسيد الألومنيوم
2. رموزُ العناصرِ : O Al
3. التكافؤُ : 2 3
4. نبادِلُ التكافؤاتِ: O Al / 2 3
5. لا يوجدُ قاسمٌ مشتركٌ، حيثُ تمثّلُ هذهِ الأرقامُ أبسطَ نسبةٍ عدديَّةٍ صحيحةٍ.
6. الصّيغةُ النهائيَّةُ للمركَّبِ: Al_2O_3

مثال 2

أكتب الصيغةِ الكيميائيّةِ للمركّبِ ثاني أكسيدِ الكربونِ:

الحل:

1. اسمُ المركَّبَ: ثاني أكسيد الكربون
2. رموزُ العناصرِ : O C
3. التكافؤُ : 2 4
4. نبادِلُ التكافؤاتِ: O C / 2 4
5. نقسمُ الأرقامَ على الرقم الأصغر وهوَ في هذهِ الحالةِ(2)؛ للحصولِ على أبسطِ نسبةٍ عدديّةٍ صحيحةٍ.
6. الصّيغةُ النهائيَّةُ للمركَّبِ: CO_2

www.jnob-jo.com

مثال 3

ولكتابَةِ الصِّيغِ الكيميائيّةِ للمركَّباتِ التي تحتوي على المجموعاتِ الأيونيةِ فإنَّنا نستخدمُ الطريقةَ السابقةَ نفسَها.

أكتب الصيغةِ الكيميائيّةِ للمركّبِ هيدروكسيد الكالسيوم؟

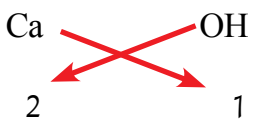
الحل:

1. اسمُ المركَّبَ: هيدروكسيد الكالسيوم

2. رموزُ العناصرِ : Ca OH

3. التكافؤُ : 2 1

4. نبادِلُ التكافؤات:



5. الصّيغةُ النهائيَّةُ للمركَّبِ: $Ca(OH)_2$

نلاحظُ أنَّ مجموعةَ الهيدروكسيد قدْ وُضِعَتْ داخلَ قوسينِ، إذ إنّ الرّقمَ 2 يعبِّرُ عنْ عددِ مجموعاتِ OH في المركَّب، ولكنْ إذا وُضِعَتِ الصّيغَةُ على شكلِ $CaOH_2$ فإنَّ رقمَ 2 هنا يعبِّرُ عن عددِ ذرّاتِ الهيدروجين فقطْ، وهذا خطأٌ.

وإذا كانَ للعنصرِ أكثرُمنْ تكافؤٍ فإنَّنا نستخدمُ أرقامًا خاصَّةً للتمييزِ بينَها، تُسمّى الأرقامَ اللاتينيَّةَ (I، II، III)، فمثلًا: للحديد Fe أكثرُ من تكافؤٍ (2، و3) لذلكَ نَكتبُ الرقمَ اللاتينيَّ الذي يدلُّ على عددِ تكافُئِهِ بعدَ اسمِ المركَّبِ، فمثلًا: أكسيد الحديد (II) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديد في هذا المركَّبِ (2)، وأكسيد الحديد (III) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديد في هذا المركَّبِ (3).

✓ **أتحقَّقُ** أكتبُ الصّيغةَ الكيميائيَّةَ للمركَّباتِ الآتيةِ

- كبريتات الصوديوم
- فوسفات الكالسيوم
- بيرمنجنات البوتاسيوم

www.jnob-jo.com

السالبيَّةُ الكهربائيَّةُ Electronegativity

درسْتُ سابقًا أنّ السالبيَّةَ الكهربائيَّةَ Electronegativity للذرَّةِ تصفُ قدرةَ الذرَّةِ على جذْبِ إلكتروناتِ الرابطةِ نحوَها عندَ ارتباطِها معَ ذرَّةٍ أخرى؛ لذا فإنَّ نوعَ الرابطةِ الكيميائيَّةِ بينَ الذرتيْنِ يعتمدُ على مقدارِ الفرقِ في السالبيّةِ الكهربائيّةِ بينَهما، كما هوَ موضَّحٌ في الجدولِ (8-3) طَبْقًا لمقياسِ باولنج Pauling Scale الأكثرِ شيوعًا، وفي هذا المقياسِ يكونُ عنصرُ الفلورِ F هوَ أعلى العناصرِ في السالبيَّةِ الكهربائيَّةِ، حيثُ تبلغُ 3.98، في حين أنَّ عنصرَ الفرانسيوم Fr أقلَّ العناصرِ سالبيَّةً كهربائيَّةً؛ إذْ تبلغُ قيمةُ السالبيَّةِ الكهربائيَّةِ لهُ 0.7، وتتراوحُ قِيَمُ السالبيَّةِ الكهربائيَّةِ للعناصرِ الباقيةِ في الجدولِ الدوريِّ بينَ هاتيْنِ القيمتَيْنِ.

نلاحظُ منَ الجدولِ (8-3)أنَّ الرابطةَ التساهميَّةَ تتكوَّنُ عندَما يكونُ الفرقُ في السالبيَّةِ الكهربائيَّةِ بينَ ذرّتَيْنِ مختلفتَيْنِ تقريبًا ما بينَ (0.4 ولغايةِ 2) مثلِ: HCl، HF، CO... وغيرِها.وفي حالِ ذرتينِ متشابهتينِ للعنصرِ نفسِه، مثل: N_2، O_2، Cl_2 يكون للذرتينِ السالبيَّةُ الكهربائيَّةُ نفسُها، أي أنَّ الفرق في السالبيّةِ الكهربائيَّةِ بينَهما صفرٌ، فإنّ الرابطةَ تكونُ أيضًا تساهميّةً. أمّا عندَمايكونُ الفرقُ في السالبيّةِ الكهربائيّةِ بينَ ذرتينِ أكبرَ من 2 فإنّ الرابطة تكونُ أيونيّةً.

✓ **أتحقَّقُ** ما المقصود بالسالبية الكهربائية؟

الجدولُ (8-3)	نوعُ الرابطةِ بِحسبِ الفَرْقِ في السالبيَّةِ الكهربائيَّةِ بينَ الذرّاتِ.
الفرقُ في السالبيّةِ الكهربائيّةِ	نوعُ الرابطةِ المتكوِّنةِ
من 0.4 إلى 2	تساهمية
أكبرُ من 2	أيونيّةٌ

www.jnob-jo.com

مراجعةُ الدّرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ.** أذكرُ الخصائصَ الفيزيائيَّةَ لكل من المواد الأيونيّةِ ، والتساهمية، والفلزية.

2. **أُصنِّفُ** الموادَّ الآتِيةَ إلى مركَّباتٍ أيونيّةٍ أو مركَّباتٍ تساهمية بِحسبِ قدرتِها على توصيلِ التيّارِ الكهربائيِّ:

- حُبيباتُ السُّكَّرِ الصّلبِ
- مصهورُ KCl
- ملحُ $MgCl_2$ الصلبِ
- فلزّ Al
- محلولُ NaCl

3. **أقارنُ** بينَ كل من الموادِّ الأيونيّةُ و التساهميّةُ و الفلزيّةُ كما في الجدولِ الآتي:

المادّةُ	نوعُ الرابطةِ	التوصيلُ الكهربائيُّ	
		الصلب	المصهور
الأيونيّةُ			
التساهميّةُ			
الفلزيّةُ			

4. أكتبُ الصّيغةَ الكيميائيّةَ للمركَّباتِ الآتيةِ: نترات الصوديوم، كبريتات المغنسيوم، أكسيد الكالسيوم.

5. **أُفسِّرُ:** يصعبُ الفصلُ بينَ الأيوناتِ السالبةِ والأيوناتِ الموجبةِ في البلورةِ الأيونيّةِ.

6. **تحفيزٌ:** ما تكافؤُ كلٍّ منَ المجموعتينِ: NH_4، و CrO_4 في المركَّبِ الآتي: $(NH_4)_2CrO_4$؟

www.jnob-jo.com

السبـائـكُ Alloys

الفلزّاتِ النقيّةِ ليِّنةٌ جدًّا،ونشطة كيميائيا لذلك تتآكل عند تفاعلها مع المواد الأخرى، و قد لا تمتلكُ الفلزات النقية الخصائصَ المطلوبةَ لاستخدامِها في أغراض معيَّنةٍ ، لذلك يضاف عنصر أو عناصر اخرى الى العنصر الأصلي بنسب محددة من أجل تحسين خصائصه ، فينتجُ ما يسمّى السبائك Alloys وهيَ خليط يتكوَّنُ منْ فلزٍّ وعنصرٍ آخرَ على الأقلِّ قدْ يكونُ فلزًّا أو لافلزّ.

سكة حديد من سبائك فولاذ- منغنيز

وتتصف السبائك بصفات عالية الجودة كالقوة والمتانة وخفة الوزن وتحمل درجات الحرارة العالية ، وهذا يؤهلها لاستخدامات عديدة متنوعة ،مثل سبيكة الفولاذ - منغنيز التي تتكون من فلز الحديد مضافا اليه عنصر المنغنيز بنسبة تقدر بحوالي 13%، تستخدم في صناعة آلات الحفر وفي السكك الحديدية لأنها تتحمل درجات الحرارة العالية.

ومن الأمثلة أيضا سبيكة الفولاذ (الحديدَ الصّلبَ) وهي سبائكُ مصنوعةٌ بإضافَةِ نسب محددة منَ الكربونِ إلى الحديدِ ليصبح أكثر قوة وصلابة وغير قابل للصدأ لاستخدامه في أعمال البناء.

وبهذا يمكنُ القولُ بشكلٍ عامٍّ إنَّ السبائكَ أقوى وأصلبُ منْ فلزّاتِها الأساسيَّةِ. الأمر الذي أتاحَ للسبائك استخداماتٍ عديدةً في كثيرٍ منَ مجالاتِ الحياة المختلفة.

أبحث عن خصائص واستعمالات السبائك الآتية :ستانلس ستيل Steel Stanles، البرونز Bronze ،النحاس-نيكل Cupronickel .واكتب تقريرا أناقشه مع معلمي وزملائي في الصف.

www.jnob-jo.com

أسئلةُ الاختيارِ منْ مُتعدِّدٍ:

1. نوعُ الرابطةِ في مركَّبِ كلوريدِ الليثيومِ:
   a. رابطةٌ تساهميَّةٌ أحاديّةٌ
   b. رابطةٌ تساهميَّةٌ ثنائيَّةٌ
   c. رابطةٌ أيونيَّةٌ
   d. رابطةٌ فلزيّةٌ

2. نوعُ الرابطةِ بين ذرات عنصرِ الصوديومِ Na:
   a. رابطةٌ تساهميَّةٌ أحاديَّةٌ
   b. رابطةٌ تساهميَّةٌ ثنائيَّةٌ
   c. رابطةٌ أيونيَّةٌ
   d. رابطةٌ فلزيَّةٌ

3. واحدةٌ منَ الصِّيَغِ الكيميائيَّةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ أيونيَّةٍ:
   a. CO
   b. H_2O
   c. MgO
   d. HCl

4. واحدةٌ منَ الصِّيَغِ الكيميائيَّةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ تساهميَّةٍ ثلاثيَّةٍ؟
   a. N_2
   b. O_2
   c. H_2
   d. Cl_2

5. الصيغة الكيميائية لمركب نترات الكالسيوم هي:
   a. $CaNO_3$
   b. $Ca(NO_3)_2$
   c. Ca_2NO_3
   d. $Ca_2(NO_3)_2$

6. في الصيغة التالية: $CH_3CH = CH_2$ يكون عدد روابط سيجما σ وروابط باي π :
   a. σ 3 ، π 2
   b. σ5 ، π 2
   c. σ6 ، π 1
   d. σ 9 ، π 1

7. عند اتحاد ذرات عنصر X عدده الذري (7) مع ذرات عنصر Y عدده الذري (17)، تكون صيغة الجزئ الناتج:
   a. XY_7
   b. X_3Y
   c. XY_3
   d. X_7Y

8. إحدى الآتية ليست من خصائص المركبات الأيونية:
   a. لها ذائبية عالية في الماء
   b. موصلة للكهرباء في حالة المحلول
   c. درجة غليانها عالية
   d. متطايرة

9. إحدى المواد الآتية توصل التيار الكهربائي وهي في الحالة الصلبة:
   a. Mg
   b. NaCl
   c. CH_4
   d. He

10. اذا كان فرق السالبية الكهربائية بين ذرتين أكبر من 2 تبعا لمقياس باولنغ فان الرابطة المتوقعة تكون:
   a. فلزية
   b. أيونية
   c. تساهمية أحادية
   d. تساهمية ثلاثية

11. اذا كان التمثيل النقطي لعنصر هو ($\cdot\dot{\underset{\cdot}{\overset{\cdot}{X}}}\cdot$) فان العدد الذري للعنصر:
   a. 3
   b. 5
   c. 13
   d. 15

www.jnob-jo.com

أسئلةُ الإجاباتِ القصيرةِ:

1. **أوضِّحُ** المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:
الرابطـةُ الأيونيَّـةُ، الرابطـةُ التسـاهميَّةُ، الرابطـةُ الفلزيّـةُ، التكافـؤُ، تركيـبُ لويـس

2. **أقـارنُ** بيـنَ المركَّبـاتِ الأيونيَّـةِ والمركَّبـاتِ التسـاهميَّةِ بحسـبِ الخـواصِّ المذكـورةِ فـي الجـدولِ الآتـي:

الخاصيَّةُ	المركَّباتُ الأيونيَّةُ	المركَّباتُ التساهميَّةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ		
الذائبيَّةُ في الماءِ		
توصيلُ الكهرباءِ في الحالةِ الصلبةِ		
توصيلُ الكهرباءِ في حالةِ المحلولِ		

3. **أدرسُ** المعادلـةَ الكيميائيَّـةَ الموزونـةَ الآتيـةَ جيِّـدًا:
$2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$، ثـمَّ:
a. أمثِّلُ الموادَّ المتفاعِلةَ بتركيبِ لويس.
b. أُمثِّلُ الموادَّ الناتجةَ بتركيبِ لويس.
c. أُوضِّـحُ كيـفَ وَصلـتْ ذرَّةُالكالسـيومِ Ca إلـى تركيـبٍ إلكترونـيٍّ يشـبهُ التركيـبَ الإلكترونـيَّ للغـازِ النبيـلِ؟
d. أجدُ تكافؤَ كلٍّ منْ ذرَّتَي الكالسيومِ والأكسجينِ؟

4. **أكتبُ** الصّيغَةَ الكيميائيّةَ للمركَّباتِ الآتيةِ:
نتـراتُ الأمونيـومِ، هيدروكسـيدُ الحديـد (II)، كبريتـاتُ الكالسـيومِ.

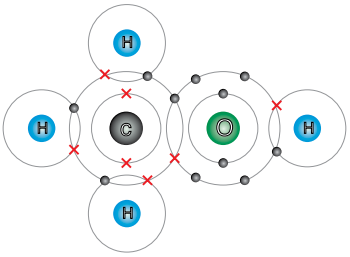
5. **أصمِّـمُ تجربـةً** أُميِّـزُ فيهـا بيـنَ مركَّـبِ بروميـدِ البوتاسـيوم KBr وشـمعِ البارفيـنِ.

6. **أُفسِّرُ** ما يأتي:
a. الفلزّاتُ موصِلَةٌ جيِّدةٌ للتيارِ الكهربائيِّ.
b. درجـةُ انصهـارِ مركَّـبِ أكسـيدِ المغنيسـيومِ MgO أعلـى مـنْ درجـةِ انصهـارِ مركَّـبِ كلوريـدِ الصوديـومِ NaCl؟

7. **أفسِّر** سببَ عدمِ قابليّـةِ المركَّباتِ الأيونيّـةِ للطَرْقِ والسَّحْبِ، مُستعينًا بنموذَجِ الرابطَـةِ الفلزّيَّةِ.

8. **أستنتجُ** كيـفَ تتكـوَّنُ الرابطـةُ التسـاهميَّةُ الأحاديَّةُ والثنائيَّـةُ والثلاثيَّـةُ فـي المركَّبـاتِ الآتيةِ:
O_2، C_2H_2، HCl مُستخدِمًا تركيبَ لويس.

9. **أفسِّرُ البيانـاتِ**. أدرسُ جيِّـدًا الشـكلَ المجاورَالـذي يمثِّـلُ جـزيءَ الميثانـولِ CH_3OH ثـمّ:



a. أبيِّنُ عدد إلكترونات التكافؤ لكل من ذرتي C, O.
b. أحـدِّدُ نـوع الروابـط التسـاهمية المتكونـة فـي هـذا الجـزيء.
c. أذكرُ عدد أزواج الإلكترونات الرابطة؟
d. أُمَثِّلُ الجزيءَ باستخدامِ تركيبِ لويس.

10. **أتوقَّـعُ** تكافـؤَ كلٍّ مـنْ: ClO_3، و Al فـي المركَّـبِ الآتي: $Al(ClO_3)_3$

11. أكتـبُ الصيغـةَ الكيميائيّـةَ لمركَّـبٍ يكـونُ فيـهِ تكافـؤُ النحـاسِ 2، ومركَّـبٍ آخـرَ يكـونُ فيـهِ تكافـؤُ النحـاسِ 1.

12. **اسـتنتج** العناصـر الافتراضيـة الآتيـة متتاليـة كمـا يلـي:

زيادة العدد الذري ←

A B C D E

اذا علمـت أن العنصـر B يكـون فـي مركباتـه ايـون أحـادي سـالب ، فمـا نـوع الرابطـة التـي تنشـأ بيـن ذرات العناصـر التاليـة:
a. A مع B
b. B مع D
c. B مع بعضها
d. E مع بعضها

www.jnob-jo.com

13. استنتج: من المواد الآتية:

$(Al\ ،CH_4\ ،KCl\ ،C_2H_2\ ،C_2H_4)$

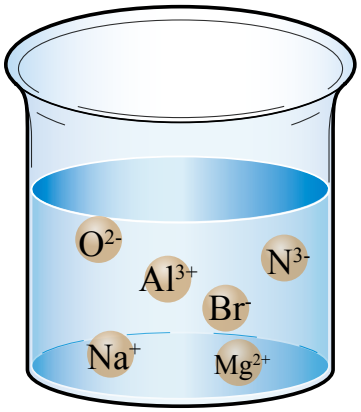
أي منها مثالا على مادة:

a. توصل التيار الكهربائي وهي في الحالة الصلبة
b. توصل التيار الكهربائي وهي في حالة المحلول فقط
c. قابلة للطرق والسحب
d. روابطها تساهمية أحادية
e. تمتلك رابطة تساهمية ثنائية
f. تمتلك رابطة تساهمية ثلاثية

14. أصمِّمُ خريطةً مفاهيميَّةً. درَسْتُ في الوحدةِ الثانيةِ المفاهيمَ الأساسيّةَ الآتيَةَ، أصمّمُ خريطةً مفاهميَّةً مناسبةً لِتحديدِ العلاقاتِ بينَ هذهِ المفاهيمِ:

الرابطةُ التساهميَّةُ الثُّنائيَّةُ
الرابطةُ التساهميَّةُ الأحاديَّةُ
تركيبَ لويس
أيونٌ سالبٌ
الرابطةُ الأيونيّةُ
الرابطةُ التساهميَّة
أيونٌ موجبٌ
الروابطُ الكيميائيَّةُ
مركَّبٌ أيونيٌّ
الرابطةُ التساهميَّةُ الثلاثيَّةُ
الصِّيَغُ الكيميائيَّةُ

15. تفحص الأيونات في الكأس الزجاجي وحدد أكبر عدد من المركبات يمكن أن تتكون من هذه الأيونات.



www.jnob-jo.com

مسردُ المصطلحاتِ

- **بحرُ الإلكتروناتِ** Sea of Electrons الأيوناتُ الموجبةُ التي تحيطُ بها الإلكتروناتُ منَ الاتجاهاتِ جميعِها؛ نتيجةَ فقْدِ ذرّاتِ الفلزِّ لإلكتروناتِ التكافؤِ.
- **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.
- **الذائبيةُ** Solubility أكبرُ كمِّيةٍ منَ المُذابِ يُمكِنُ إذابتُها في 100 غرام من المُذيبِ.
- **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 القوَّةُ التي تجذبُ الأيوناتِ ذاتَ الشحناتِ المُختلِفةِ في المُركَّباتِ.
- **الرابطةُ الفلزِّيةُ** Metallic Bond قوَّةُ التجاذُبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ** Covalent Bond الرابطةُ الكيميائيةُ الناتجةُ منْ مشاركةِ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ منَ العناصرِ اللافلزِّيةِ لزوجٍ أوْ أكثرَ منَ الإلكتروناتِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ** Mono Covalent Bond الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشارُكِ ذرَّتيْنِ في زوجٍ واحدٍ منَ الإلكتروناتِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ** Triple Covalent Bond الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشارُكِ ذرَّتيْنِ في ثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ.
- **الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ** Double Covalent Bond الرابطةُ التساهميةُ التي تنشأُ منْ تشارُكِ ذرَّتيْنِ في زوجيْنِ منَ الإلكتروناتِ.
- الرموزُ Symbols طريقةٌ لتمثيلِ ذرّاتِ العناصرِ.
- **الروابطُ الكيميائيةُ** Chemical Bonds قوَّةُ تجاذُبٍ تنشأُ بينَ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ عندَ فقْدِ الذرَّةِ للإلكتروناتِ، أوِ اكتسابِها، أوْ مشاركتِها معَ ذرَّةٍ أُخرى، أوْ ذرّاتٍ عِدَّةٍ.

www.jnob-jo.com

- **السالبيةُ الكهربائيةُ Electronegativity** قدرةُ الذرَّةِ على جذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ إليْها عندَ ارتباطِها بذرَّةٍ أُخرى.
- **شحنة النواة الفعالة Effective Nuclear Charge** مقدار شحنة النواة الفعلية التي تؤثر الكترونات المستوى الخارجي.
- **الصيغُ الكيميائيةُ Chemical Structure** طريقةٌ موجزةٌ للتعبيرِ عنْ نسب الذرّاتِ ونوعِها، التي يتكوَّنُ منْها مُركَّبٌ كيميائيٌّ مُعيَّنٌ.
- **طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy** الحدُّ الأدنى منَ الطاقةِ اللازمةِ لنزعِ الإلكترونِ الأبعدِ عنِ النواةِ في الحالةِ الغازيةِ للذرَّةِ أوِ الأيونِ.
- **طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ Line Emission Spectrum** مجموعةٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ للضوءِ الصادرِ عنْ ذرّاتِ العنصرِ المثارةِ عندَ عودةِ الإلكترونِ فيها إلى حالةِ الاستقرارِ.
- **الطيفُ الخطِّيُّ (المنفصلُ) Line Spectrum** مجموعةٌ منَ الأطوالِ الموجيةِ التي تظهرُ في صورةِ مجموعةٍ من الألوانِ المتباعدةِ التي تظهرُ في منطقةِ الطيفِ المرئي.
- **الطيفُ الذرِّيُّ Spectrum Atomic** مجموعةُ الأمواجِ الضوئيةِ التي تصدرُ عنْ ذرّاتِ العناصرِ، ويقعُ بعضُها في منطقةِ الضوءِ المرئيِّ، وبعضُها الآخرُ في منطقةِ الضوءِ غيرِ المرئيِّ.
- **الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum** جميعُ الأطوالِ الموجيةِ التي يتكوَّنُ منْها الضوءُ.
- **الطيفُ المتصلُ Continues 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 الكهرومغناطيسيِّ يُمكِنُ تمييزُها بالعينِ، وتتراوحُ أطوالُها الموجيةُ بينَ 350 نانومترًا وَ 800 نانومترٍ.
- **الطيفُ غيرُ المرئيِّ Invisible Spectrum** الأطوالُ الموجيةُ التي يتألَّفُ منْها الطيفُ الكهرو مغناطيسيُّ، 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 الممثلةُ The Representative Elements** مجموعةٌ منَ العناصرِ تضمُّ عناصرَ المجموعاتِ

www.jnob-jo.com

ذاتِ الأرقامِ (18-، 13-، 2، 1) في الجدولِ الدوريِّ، وينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ s والمستوى الفرعيِّ p.

- **الفَلَكُ Orbital** منطقةٌ حولَ النواةِ تُشْبِهُ السحابةَ، وفيها يكونُ احتمالُ وجودِ الإلكتروناتِ أكبرَ ما يُمكِنُ.
- **الفوتونُ Photon** جسيماتٌ ماديةٌ متناهيةٌ في الصغرِ تُمثِّلُ الوحداتِ الأساسيةَ المُكوِّنةَ للضوءِ، ويحملُ كلٌّ منْها مقدارًا مُحدَّدًا منَ الطاقةِ. وهيَ تُعبِّرُ عنِ الطبيعةِ المُزدوَجةِ (ماديةٌ –موجيةٌ) للضوءِ.
- **قاعدةُ هونْدْ 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.
- **إلكتروناتُ التكافؤِ Valence Electrons** إلكتروناتُ المستوى الخارجيِّ للذرَّةِ.
- **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** المُركَّباتُ التي تحتوي على روابطَ أيونيةٍ.
- **المُركَّباتُ الجزيئيةُ Molecular Compounds** المُركَّباتُ الناتجةُ منْ مشاركةِ ذرَّتيْنِ أوْ أكثرَ منَ العناصرِ اللافلزِّيةِ لزوجٍ أوْ أكثرَ منَ الإلكتروناتِ.
- **مستوى الطاقةِ Energy Level** منطقةٌ تحيطُ بالنواةِ، وفيها توجدُ الإلكتروناتُ، ولها نصفُ قُطْرٍ مُحدَّدٍ، وفيها تتحدَّدُ طاقةُ الإلكترونِ ومُعدَّلُ بُعْدِهِ عنِ النواةِ.
- **المعادلةُ الموجيةُ Wave Equation** معادلةٌ رياضيةٌ تصفُ بوجهٍ عامٍّ حركةَ الأمواجِ بأشكالِها المُختلِفةِ.
- **الالفة الالكترونية Electron Affinity** مقدارُ التغيُّرِ في الطاقةِ المُقترِنُ بإضافةِ إلكترونٍ إلى الذرَّةِ المتعادلةِ في الحالةِ الغازيةِ.
- **نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius** نصفُ المسافةِ الفاصلةِ بينَ ذرَّتيْنِ متجاورتيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ.

www.jnob-jo.com