دليل المعلم

الكيمياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الأول

10

الناشر

المركز الوطني لتطوير المناهج

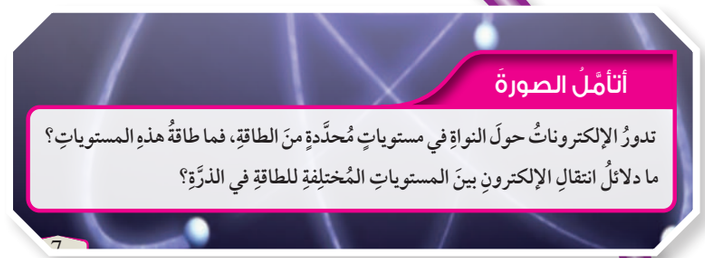
يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، ووزارة التربية والتعليم – إدارة المناهج والكتب المدرسية، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب
عن طريق العناوين الآتية: هاتف: 8-5/4617304، فاكس: 4637569، ص. ب: 1930، الرمز البريدي: 11118،
أو بوساطة البريد الإلكتروني: scientific.division@moe.gov.jo

بِنية كتاب الطالب: دورة التعلُّم الخماسية

صممت وحدات كتاب الطالب وفق دورة التعلم الخماسية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتُوفِّر لهم فرصًا عديدة للاستقصاء، وحل المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا. وتتضمن ما يأتي:

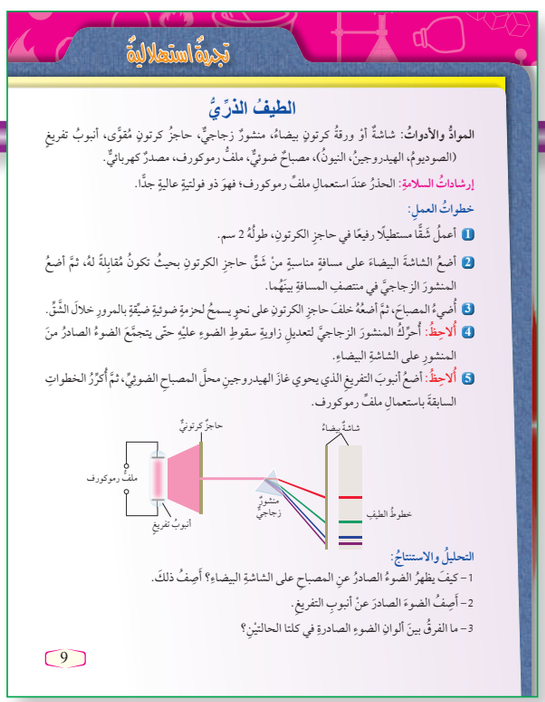
1 التهيئة Engagement:

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



2 الاستكشاف Exploration:

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


تجربةٌ استهلاليةٌ

الطيفُ الذرِّيُّ

المواد والأدوات: شاشةٌ أو ورقةُ كرتونٍ بيضاء، منشورٌ زجاجيٌّ، حاجزُ كرتونٍ مُفوَّى، أنبوبُ تفريغٍ (الصوديوم، الهيدروجين، النيون)، مصباحٌ ضوئيٌّ، ملفُّ رموكورف، مصدرٌ كهربائيٌّ.

إرشاداتُ السلامة: الحذرُ عندَ استعمالِ ملفِّ رموكورف؛ فهوَ ذو فولتيةٍ عاليةٍ جدًّا.

خطواتُ العملِ:

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- كيفَ يظهرُ الضوءُ الصادرُ عنِ المصباحِ على الشاشةِ البيضاءِ؟ أصِفُ ذلكَ.
2- أصِفُ الضوءَ الصادرَ عنْ أنبوبِ التفريغِ.
3- ما الفرقُ بينَ ألوانِ الضوءِ الصادرةِ في كلتا الحالتَيْنِ؟

9

5 التقويم Evaluation:

التحقق من تعلُّم الطلبة وفهمهم للموضوع، ومنح المعلِّم فرصة لتعرّف نقاط القوة والضعف لدى طلبته.

مراجعةُ الوحدةِ

1. أوضِّحُ المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ: الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ، طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ، الطيفُ المتصلُ، الفوتونُ.
2. أقارِنُ إحالةَ بحتوي طيفُ الانبعاثِ الخطِّيُّ على كمياتٍ محدَّدةٍ منَ الطاقةِ بحسبِ نموذجِ بور؟
3. يمثِّلُ الشكلُ المجاورُ رسمًا تخطيطيًّا لعددٍ منْ خطوطِ الطيفِ الصادرةِ عنْ ذرَّةِ هيدروجينَ مثارةٍ. أدرسُ الشكلَ، ثمَّ أجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:
   أ. أحدِّدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يمثِّلُها الرقمُ (2).
   ب. أتنبَّأُ إذا كانَ طيفُ الإشعاعِ الذي يمثِّلُهُ الرقمُ (3) يظهرُ في منطقةِ الضوءِ المرئيِّ أمْ لا.
   جـ. أستنتجُ عددَ خطوطِ الطيفِ جميعِها عندَ عودةِ الذرَّةِ إلى حالةِ الاستقرارِ.
4. أحدِّدُ طاقةَ الإشعاعِ الصادرةِ عنْ ذرَّةِ الهيدروجينِ المثارةِ في المستوى الرابعِ عندَ عودةِ الإلكترونِ فيها إلى المستوى الثاني.
5. أدرسُ الشكلَ الآتي الذي يبيِّنُ طيفَ الانبعاثِ لذرَّةِ الهيدروجينِ، ثمَّ أجيبُ عنِ السؤالَيْنِ التاليَيْنِ:
   أ. أحدِّدُ رقمَ المستوى الذي ينتقلُ منهُ الإلكترونُ إذا كانتْ طاقةُ فوتونِ الضوءِ الناجمةُ عنِ انتقالِهِ إلى المستوى الثاني هي (R_H 0.21) جولٍ.
   ب. أحدِّدُ موقعَ هذا الخطِّ ولونَهُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.
6. أعبِّرُ بدلالةِ (R_H) عنْ مقدارِ الطاقةِ اللازمِ نقلُ الإلكترونِ منَ المستوى الثاني إلى المستوى الخامسِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.
7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ متباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، وضاعَتْ واسعةٍ في مختلفِ أنحاءِ العالمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

رقم الموجة	التردد	الموجة	منطقة استقبال البث
1	90MHz	FM	عمّان
2	1035 KHz	AM	شمال الأردن، ووسطه، وجنوبه انتهاءً بالعقبة

   أ. أجدُ الطولَ الموجيَّ لكلِّ تردُّدٍ.
   ب. أجدُ طاقةَ الفوتونِ المختلفةِ لكلِّ تردُّدٍ.
   جـ. أيُّهما يُمثِّلُ التردُّدَ لموجةِ FM: نموذجُ شكلِ الموجةِ A أمْ نموذجُ شكلِ الموجةِ B؟

8. يعتمدُ علمُ الفلكِ بتحليلِ طيفِ الضوءِ الصادرِ عنِ النجومِ لتعرُّفِ مُكوِّناتِها؛ إذْ تظهرُ خطوطُ الامتصاصِ الخطِّيِّ معتمةً نتيجةَ امتصاصِ الأطوالِ الموجيةِ بواسطةِ الذرَّاتِ والجزيئاتِ المُغلَّفةِ في جوِّ النجمِ وتحليلُ هذهِ الخطوطِ يُمكِّنُ تعيينَ العناصرِ الباعثةِ والعناصرِ الماصَّةِ المُكوِّنةِ للنجمِ. يُمثِّلُ المُخطَّطُ الآتي الجزءَ المرئيَّ منَ الطيفِ الكهرومغناطيسيِّ وبعضَ خطوطِ امتصاصِ الهيدروجينِ موضَّحةً على الطيفِ.

أدرسُ الشكلَ، ثمَّ أحدِّدُ خطَّ الامتصاصِ الذي يُوافِقُ:
   أ. الطولَ الموجيَّ الأقصرَ.
   ب. الطولَ الموجيَّ الأطولَ.
   جـ. التردُّدَ الأعلى.
   د. أقلَّ طاقةٍ.
9. ذرَّةُ هيدروجينَ مثارةٌ في مستوًى مجهولٍ، يتطلَّبُ تحويلُها إلى أيونِ موجبٍ أنْ تُزوَّدَ بكميةٍ منَ الطاقةِ مقدارُها (R_H 0.11) جولٍ. ما رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ؟

27

مراجعةُ الوحدةِ

10. إذا كانَ طولُ موجةِ الإشعاعِ المرافقِ لعودةِ الإلكترونِ منْ مستوًى يعودُ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ هوَ (121) نانومترًا، فأجدُ:
   أ. طاقةَ هذا الإشعاعِ.
   ب. رقمَ المستوى الأعلى الذي عادَ منهُ الإلكترونُ.
11. عددَ الكمِّ الرئيسيِّ لإلكترونِ (n=3):
   أ. ما عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ؟
   ب. ما عددُ الأفلاكِ في هذا المستوى؟
   جـ. ما السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يُمكنُ أنْ يستوعبَها هذا المستوى؟
   د. ما قيمُ أعدادِ الكمِّ الفرعيةِ (ℓ)؟
12. أستنتجُ رمزَ المستوى الفرعيِّ ذي القيمِ الكمِّيَّةِ المبيَّنةِ في كلٍّ منَ الحالتَيْنِ الآتيتَيْنِ:
   أ. n= 2 ، ℓ= 0؟
   ب. n= 4 ، ℓ= 1؟
13. أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ مما يأتي:
   1. النموذجُ أو الافتراضُ الذي يشيرُ إلى وجودِ خصائصَ موجيةٍ للإلكترونِ هوَ:
      أ. أرا بالمك وليشتاين.
      ب. نموذجُ رذرفورد.
      جـ. النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ.
      د. نموذجُ بور.
   2. الفكرةُ التي قدَّمتها بور عنِ الذرَّةِ هيَ:
      أ. لكلِّ ذرَّةٍ حجمٌ وشكلٌ، والحجمُ خاصٌّ بهِ.
      ب. طاقةُ الإلكترونِ لا تتغيَّرُ ما لمْ يُغادرْ مستواهُ.
      جـ. الضوءُ طبيعةٌ مزدوجةٌ (ماديةٌ، موجيةٌ).
      د. لكلِّ مستوًى سعةٌ محدَّدةٌ منَ الإلكتروناتِ.
   3. الخاصيةُ الفيزيائيةُ المرتبطةُ بعددِ الكمِّ الفرعيِّ هيَ:
      أ. مُعدَّلُ النبضِ عنِ النواةِ.
      ب. الشكلُ العامُّ للفلكِ.
      جـ. الاتجاهُ الفراغيُّ للفلكِ.
      د. اتجاهُ المَغزلِ.
   4. لا تتماثلُ أفلاكُ (p) الثلاثةُ ضمنَ المستوى الرئيسِ الواحدِ نفسِهِ في إحدى الخصائصِ الآتيةِ:
      أ. الاتجاهُ الفراغيُّ.
      ب. الشكلُ.
      جـ. الطاقةُ.
      د. السعةُ منَ الإلكتروناتِ.
   5. عددُ الأفلاكِ الكلِّيِّ في المستوى الرئيسِ الثالثِ (n=3) هوَ:
      أ. (3) أفلاكٍ.
      ب. (6) أفلاكٍ.
      جـ. (9) أفلاكٍ.
      د. (18) فلكًا.
   6. أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي قدْ توجدُ في المستوى الرئيسِ الخامسِ (n=5) هوَ:
      أ. (5) إلكتروناتٍ.
      ب. (10) إلكتروناتٍ.
      جـ. (25) إلكترونًا.
      د. (50) إلكترونًا.
   7. يتحدَّدُ الاتجاهُ الفراغيُّ للفلكِ بعددِ الكمِّ:
      أ. الرئيسِ.
      ب. الفرعيِّ.
      جـ. المغناطيسيِّ.
      د. المغزليِّ.
   8. عندَ امتصاصِ الذرَّةِ للطاقةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ إلى مستوياتِ طاقةٍ أبعدَ عنِ النواةِ فيُقالُ أنَّها تُسمَّى:
      أ. التفريغَ الكهربائيَّ.
      ب. الذرَّةَ المُثارةَ.
      جـ. عمليةَ التأيُّنِ.
      د. الطيفَ الذرِّيَّ.
   9. أقصى عددٍ منَ الإلكتروناتِ يستوعبُهُ المستوى الفرعيُّ (4f) هوَ:
      أ. (7) إلكتروناتٍ.
      ب. (10) إلكتروناتٍ.
      جـ. (6) إلكتروناتٍ.
      د. (14) إلكترونًا.
   10. الرمزُ الذي يتعارضُ معَ مبدأِ باولي هوَ:
      أ. ($4d^{11}$).
      ب. ($3s^1$).
      جـ. ($2p^6$).
      د. ($4f^{14}$).
   11. عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ لوجودِ إلكترونٍ في المستوى الثالثِ هوَ:
      أ. (3) مستوياتٍ.
      ب. (9) مستوياتٍ.
      جـ. (12) مستوًى.
      د. (16) مستوًى.

28

3 الشرح والتفسير Explanation:

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

4 التوسع Elaboration:

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

عناصر محتوى الدرس

الفكرة الرئيسة

تتضمن تلخيص المفاهيم والأفكار والمعارف التي سيتعلمها الطالب خلال الدرس

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

شرح محتوى الدرس

شرح محتوى الدرس بعبارات بسيطة تراعي الفئة العمرية وخصائص الطلبة النمائية. ونظم الشرح بحيث تشتمل على عناوين رئيسة يتفرع منها عناوين ثانوية وأحيانًا تندرج عناوين فرعية من العناوين الثانوية وتظهر بألوان مختلفة.

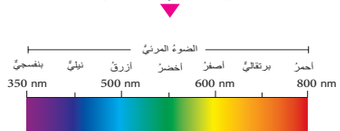
نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ
The Bohr Theory of the Hydrogen Atom

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

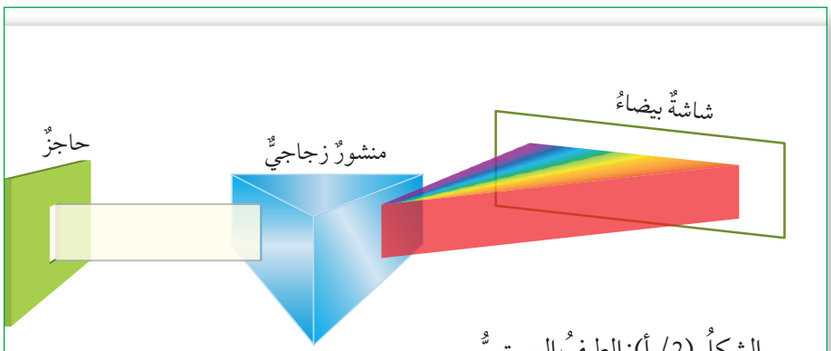
ينتشرُ الضوءُ في الفراغِ بسرعةٍ ثابتةٍ على شكلِ أمواجٍ يُمكِنُ وصفُها عنْ طريقِ أطوالِها الموجيةِ وتردُّدِها؛ إذْ تتفاوتُ هذهِ الأطوالُ الموجيةُ تفاوُتًا كبيرًا، فبعضُها يتناهى في الصغرِ مثلُ أشعةِ غاما، ويقاسُ بالأجزاءِ منَ المترِ (النانومترُ)، وبعضٌ آخرُ أطوالُهُ كبيرةٌ، وهوَ يقاسُ بالأمتارِ أوِ مئاتِ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



يشمل الدرس عناصر متنوعة، عرضت بتسلسل بنائي واضح؛ ما يسهل تعلم الطلبة المفاهيم والمعارف والأفكار الواردة في الدرس.

الصور والأشكال

صور واضحة ومتنوعة تحقق الغرض العلمي.



الشكلُ (2/ أ): الطيفُ المستمرُّ.

أُفسِّرُ سببَ تشتُّتِ الضوءِ بعدَ خروجِهِ منَ المنشورِ.

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.

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 خاصَّيْنِ بِهِ، في ما يُعرَفُ باسمِ الطيفِ المنفصلِ، أوِ الطيفِ الخطِّيِّ Line Spectrum، ويُعرَفُ أيضًا باسمِ طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ Line Emission Spectrum.
والشكلُ (5) يُبيِّنُ الطيفَ الخطِّيَّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

المفاهيم والمصطلحات

تظهر مظللة وبخط غامق؛ للتركيز عليها وجذب انتباه الطالب لها.

نشاط

خبرات عملية تكسب الطالب مهارات ومعارف متنوعة ومنها ما هو على المنحى التكاملي (STEAM).

التجربةُ 1

الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ

العلاقةُ بينَ الحجمِ الأيونيِّ والعددِ الذرِّيِّ

الحجمُ الأيونيُّ

200 180 160 140 120 100 80 60 40 20

0 5 10 15 20 25 30 35 40 50 55

العددُ الذرِّيُّ

الموادُّ والأدواتُ: ورقُ رسمٍ بيانيٍّ، أقلامُ تلوينٍ.

خطواتُ العملِ:

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

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

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أُقارِنُ** بينَ حجمِ الذرَّةِ وأيونِها الموجبِ، وحجمِ الذرَّةِ وأيونِها السالبِ.
2. **أَصِفُ** تغيُّرَ نصفِ القُطرِ الأيونيِّ في الدورةِ الواحدةِ عنْ طريقِ الرسمِ البيانيِّ.
3. **أَصِفُ** تغيُّرَ نصفِ القُطرِ الأيونيِّ في المجموعةِ الواحدةِ عنْ طريقِ الرسمِ البيانيِّ.
4. **أُفسِّرُ** سببَ التغيُّرِ في حجومِ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ.

المهارات

تحدي قدرات الطلبة في مجال التفسير، والتحليل، ومعالجة المعلومات؛ لذا فهي تنمي قدراتهم على التأمل، والتفكير، والاستقصاء، لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة

الربط بـ

تقدم معلومات بغرض التكامل مع المباحث الأخرى أو ربط تعلم الطالب مع مجالات الحياة؛ ليصبح تعلمه ذا معنى.

الربطُ بالرياضياتِ

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

أفكر

تنمية مهارات التفكير

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

توظيف التكنولوجيا

تُسهم التكنولوجيا اسهامًا فاعلا في تعلم العلوم، وتساعد على استكشاف المفاهيم الجديدة. ويحفز توافر أدوات التكنولوجيا التأمل والتحليل والتفكير لدى الطالب.

أبحث

قضيةٌ للبحثِ

يختلفُ التوزيعُ الإلكترونيُّ لعنصرِ الكروم $_{24}Cr$ وعنصرِ النحاسِ $_{29}Cu$ عنْ توزيعِ بقيةِ العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ

أسئلة مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة والمفاهيم والمصطلحات والمهارات.

مراجعةُ الدرسِ

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

2- أُحدِّدُ الخاصيةَ التي يشيرُ إليْها كلُّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ: الرئيسِ، والمغناطيسيِّ.

3- أتوقَّعُ عددَ المستوياتِ الفرعيةِ في المستوى الرئيسِ الرابعِ.

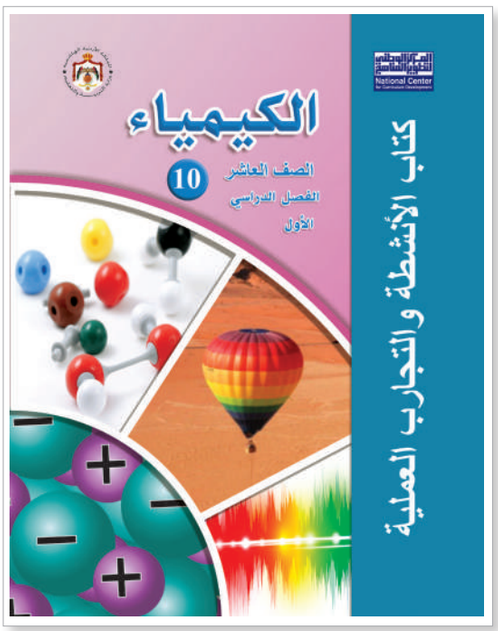
تقويم تكويني

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

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

بِنية كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يخصص كتاب الأنشطة والتجارب العملية لتسجيل الملاحظات ونتائج الأنشطة والتمارين التي ينفذها الطلبة، وما يتعلمونه بشكل رئيس في الدروس. ويتضمن كتاب الأنشطة والتجارب العملية توجيهات للطلبة بشأن ما يجب القيام به. ويسهم في تقديم تغذية راجعة مكتوبة حول تعلم الطلبة وأدائهم.



أوراق عمل خاصة بالأنشطة الموجودة في كتاب الطالب.

تتضمن أوراق العمل المواد والأدوات اللازمة لإجراء النشاط، وإرشادات السلامة الواجب اتباعها في أثناء إجراءات التنفيذ. وتُوضَّح فيها إجراءات العمل مع وجود أماكن مخصصة لتدوين الملاحظات والنتائج التي توصَّل إليها الطلبة. وتتضمن بعض أوراق العمل صورًا توضيحية لبعض الإجراءات التي توجِب ذلك.

التجربة 1 اختلافُ طيفِ الانبعاثِ للفلزّاتِ المُختلفة

الخلفيةُ العلميةُ:
تختلفُ الذرّاتُ في خصائصِها الفيزيائيةِ والكيميائيةِ تبعًا لاختلافِ بِنيتِها وتو
إذْ تتوزَّعُ الإلكتروناتُ في الذرّةِ وفقَ مستوياتِ الطاقةِ بما يُحقِّقُ حالةَ الطاقة
في وضعِ الاستقرارِ. وعندَ إثارةِ الذرّةِ عنْ طريقِ تسخينِها مباشرةً على لهبِ،
الغازيةِ لتيارٍ كهربائيٍّ عالي الفولتيةِ (أنابيبُ التفريغِ)، فإنَّ إلكترونًا فيها أوْ أكثرَ
الموجودِ فيهِ إلى مستوى طاقةٍ أعلى، اعتمادًا على مقدارِ الطاقةِ التي تمتصُّها
هذا الإلكترونُ إلى مستوًى أقربَ إلى النواةِ، فاقدًا مقاديرَ مُحدَّدةً منَ الطاقة
ضوئيةٍ ذواتِ ترددّاتٍ مُحدَّدةٍ، بعضُها يقعُ في منطقةِ الطيفِ المرئيِّ، وبعضُ
الطيفِ غيرِ المرئيِّ. ونظرًا إلى اختلافِ الذرّاتِ في تركيبِها؛ فإنَّ الأطيافَ الص
في ما بينَها. وبهذا نجدُ أنَّ لكلِّ ذرّةٍ طيفًا مرئيًّا خاصًّا بها يُميِّزُها منْ غيرِها،
بعضِها منْ بعضٍ، وتعرُّفَها عنْ طريقِ طيفِ الانبعاثِ الخاصِّ بها.

الهدفُ:
تمييزُ طيفِ الانبعاثِ لذرّاتِ العناصرِ المُختلفةِ.

الموادُّ والأدواتُ:
كلوريدُ الصوديومِ، كلوريدُ الليثيومِ، كلوريدُ البوتاسيومِ، كلوريدُ الكالسيومِ، كا
بلاتينٍ، محلولُ حمضِ الهيدروكلوريكِ المُخفَّفِ، موقدُ بنسن، ماءٌ مُقطَّرٌ، زج
كأسٌ زجاجيةٌ.

إرشاداتُ السلامةِ:
- اتباعُ إرشاداتِ السلامةِ العامةِ في المختبرِ.
- إشعالُ عودِ الثِّقابِ أوِ الولّاعةِ قبلَ فتحِ غازِ بنسن.
- عدمُ لمسِ حمضِ الهيدروكلوريكِ، أوِ استنشاقِ بخارِهِ.

6 الوحدةُ 1: بِنيةُ الذرّةِ وتركيبُها.

تجربة استهلالية الطيفُ الذرّيُّ

الخلفيةُ العلميةُ:
يتكوَّنُ الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ منْ أمواجٍ ضوئيةٍ كثيرةٍ، لكلٍّ منْها طاقةٌ خاصةٌ بها، ويُمكِنُ للعينِ تمييزُ حزمةٍ صغيرةٍ جدًّا منْها، في ما يُعرَفُ بالضوءِ المرئيِّ، في حينِ يُعرَفُ معظمُها بالضوءِ غيرِ المرئيِّ، ويُمكِنُ وصفُ هذهِ الأمواجِ عنْ طريقِ تردُّدِها وطولِ موجتِها.
أوضحَ آينشتاين أنَّ للضوءِ طبيعةً مزدوجةً؛ موجيةً، ومادية، وقدْ أمكنَ بهذهِ الحقيقةِ تفسيرُ ظاهرةِ التأثيرِ الكهروضوئيِّ التي تعني انبعاثَ الإلكتروناتِ منْ سطحِ بعضِ الفلزّاتِ عندَ امتصاصِها للضوءِ بتردُّدٍ مُحدَّدٍ، وحدٍّ أدنى منَ الطاقةِ اللازمةِ لذلكَ.
وفي هذا السياقِ، وجدَ بلانك وآينشتاين أنَّهُ عندَ تعريضِ ذرّاتِ العناصرِ الغازيةِ لطاقةٍ عاليةٍ، فإنَّ الضوءَ ينبعثُ منْ هذهِ الذرّاتِ على شكلِ جسيماتٍ دقيقةٍ تحملُ مقاديرَ مُحدَّدةً منَ الطاقةِ تُسمّى الفوتوناتِ، ويُطلَقُ عليها اسمُ الكوانتا أوِ الكمِّ. وتعتمدُ طاقةُ الإشعاعِ الصادرِ وتردُّدُهُ على مستوياتِ الطاقةِ في الذرّةِ؛ ما يسمحُ بتعرُّفِ بِنيةِ الذرّةِ وتركيبِها. وبهذا يُمكِنُ القولُ إنَّ الضوءَ هوَ مصدرُ المعلوماتِ عنِ البِنيةِ الذرّيةِ.

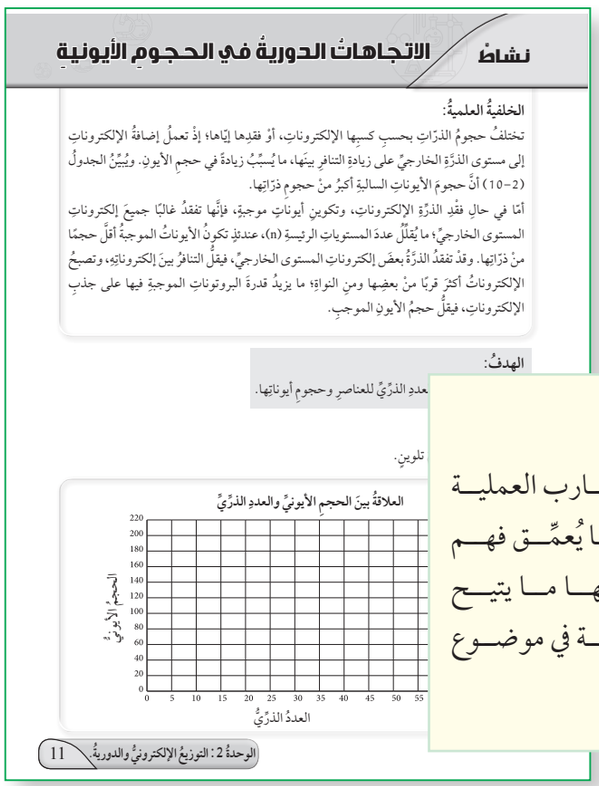
الهدفُ:
تعرُّفُ خصائصِ الطيفِ الكهرومغناطيسيِّ.

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

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

خطواتُ العملِ:
1. أعملُ شَقًّا مستطيلًا رفيعًا في حاجزِ الكرتونِ، طولُهُ 2سم.
2. أضعُ الشاشةَ البيضاءَ على مسافةٍ مناسبةٍ منْ شَقِّ حاجزِ الكرتونِ بحيثُ تكونُ مُقابلةً لهُ، ثمَّ أضعُ المنشورَ الزجاجيَّ في منتصفِ المسافةِ بينَهُما.

4 الوحدةُ 1: بِنيةُ الذرّةِ وتركيبُها.



نشاط الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ

الخلفيةُ العلميةُ:

تختلفُ حجومُ الذرّاتِ بحسبِ كسبِها الإلكتروناتِ، أوْ فقدِها إيّاها؛ إذْ تعملُ إضافةُ الإلكتروناتِ إلى مستوى الذرّةِ الخارجيِّ على زيادةِ التنافرِ بينَها، ما يُسبّبُ زيادةً في حجمِ الأيونِ. ويُبيّنُ الجدولُ (2-10) أنَّ حجومَ الأيوناتِ السالبةِ أكبرُ منْ حجومِ ذرّاتِها.

أمّا في حالِ فقْدِ الذرّةِ الإلكتروناتِ، وتكوينِ أيوناتٍ موجبةٍ، فإنَّها تفقدُ غالبًا جميعَ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ؛ ما يُقلّلُ عددَ المستوياتِ الرئيسةِ (n)، عندئذٍ تكونُ الأيوناتُ الموجبةُ أقلَّ حجمًا منْ ذرّاتِها. وقدْ تفقدُ الذرّةُ بعضَ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيقلُّ التنافرُ بينَ إلكتروناتِهِ، وتصبحُ الإلكتروناتُ أكثرَ قربًا منْ بعضِها ومنِ النواةِ؛ ما يزيدُ قدرةَ البروتوناتِ الموجبةِ فيها على جذبِ الإلكتروناتِ، فيقلُّ حجمُ الأيونِ الموجبِ.

الهدفُ:

عددِ الذرّيِّ للعناصرِ وحجومِ أيوناتِها.

تلوينِ.

العلاقةُ بينَ الحجمِ الأيونيِّ والعددِ الذرّيِّ

الحجمُ الأيونيُّ

العددُ الذرّيُّ

الوحدةُ 2: التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ. 11

تجارب إثرائية.

يشتمل كتاب الأنشطة والتجارب العملية على تجارب إثرائية، منها ما يُعمِّق فهم الطلبة لموضوع الدرس، ومنها ما يتيح للطلبة فرصة التوسع في المعرفة في موضوع ما.

محاكاةُ لأسئلةِ الاختبارات الدوليةِ

السؤالُ الأولُ:

ظهرَ كلوريدُ الليثيوم باللونِ الأحمرِ في تجربةِ اختبارِ اللهبِ. منطقةُ الطيفِ التي يُمكنُ أنْ يظهرَ فيها الطيفُ الأكثرُ طاقةً هيَ:

1) 600 nm - 650 nm
2) 500 nm - 550 nm
3) 450 nm - 500 nm
4) 400 nm - 450 nm

السؤالُ الثاني:

درسَ طالبٌ الطيفَ الذرّيَّ لعنصرٍ ما، فوجدَ أنَّ لهُ خطَّيْ طيفٍ أحمرَ وأزرقَ. إذا كانَ الطيفُ الذرّيُّ يتوافقُ معَ فرقِ الطاقةِ بينَ مستويَيْنِ للطاقةِ ينتقلُ بينَهُما الإلكترونُ عندَ عودتِهِ منْ مستوى طاقةٍ أعلى إلى مستوى طاقةٍ أقلَّ، فأُجيبُ عنِ السؤالينِ الآتيَيْنِ:

أ- أرسمُ مُخطَّطًا يُوضّحُ حركةَ الإلكتروناتِ التي تتوافقُ معَ خطوطِ الطيفِ التي يُحتمَلُ ظهورُها على أساسِ وجودِ ثلاثةِ مستوياتٍ محتملةٍ للطاقةِ.

ب- أُحدّدُ مستوَيَيِ الطاقةِ الموافقةِ لكلِّ طيفٍ، مُبيّنًا الأسسَ التي اعتمدْتُها.

8 الوحدةُ 1: بنيةُ الذرّةِ وتركيبُها.

محاكاةُ لأسئلةِ الاخت

السؤالُ الأولُ:

أجرى طالبٌ تجربةً عنِ التوصيلِ الكهربائيِّ؛ لاستكشافِ ال
بلّوراتُ كلوريدِ الكالسيومِ $CaCl_2$، اليودُ I_2، بلّوراتُ هيد
البوتاسيومِ KI، بلّوراتُ سُكّرِ الفركتوزِ.

أ - أيُّ الموادِّ تُمثّلُ مادةً أيونيةً؟ أيُّها تُمثّلُ مادةً جزيئيةً؟

ب- أقترحُ طريقةً للتحقُّقِ منْ ذلكَ.

السؤالُ الثاني:

اكتشفَ أحدُ الطلبةِ عنصرًا جديدًا، ثمَّ دوَّنَ بعضَ خصائصِهِ؛
الغازاتِ. إحدى الآتيةِ تُمثّلُ خصائصَ هذا العنصرِ:

أ - صُلْبٌ، غيرُ موصلٍ للتيارِ الكهربائيِّ، قابلٌ للطَّرْقِ وال
ب- سائلٌ، غيرُ موصلٍ للتيارِ الكهربائيِّ، غيرُ قابلٍ للطَّرْقِ
ج - صُلْبٌ، موصلٌ للتيارِ الكهربائيِّ، قابلٌ للطَّرْقِ والسَّحْ
د - صُلْبٌ، موصلٌ للتيارِ الكهربائيِّ، غيرُ قابلٍ للطَّرْقِ وال

السؤالُ الثالثُ:

يُمثّلُ الرسمُ البيانيُّ الآتي العلاقةَ بينَ الأعدادِ الذرّيةِ والسال
التي بعضُها فلزٌّ، وبعضُها الآخرُ لافلزٌّ:

السالبيةُ الكهربائيةُ

السالبيةُ الكهربائيةُ

C D

8 9

العد

22 الوحدةُ 3: المُركّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ.

أسئلة اختبارات دولية أو على نمطها.

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

دليل المعلِّم

يُقدّم الدليل نظرة عامة عن كل وحدة في كتاب الطالب والدروس المكوّنة لها. ويعرض الدرس وفق نموذج تدريس مكون من ثلاث مراحل، ينفذ كل منها من خلال عناصر محددة. وتبدأ كل وحدة بمصفوفة نتاجات تتضمن نتاجات الوحدة والنتاجات السابقة واللاحقة المرتبطة بها؛ لتعين المعلّم على الترابط الرأسي للمفاهيم والأفكار، ولتساعده في تصميم أنشطة التعلّم والتعليم في الوحدة وتنفيذها.

مراحل نموذج التدريس

1 تقديم الدرس

تقديم الدرس يشمل ما يأتي:

- **الفكرة الرئيسة:**
  التوضيح للمعلِّم كيفية عرض الفكرة الرئيسة للدرس.
- **الربط بالمعرفة السابقة**
  يُقصَدُ به تنشيط التعلُّم السابق للطالب، الذي يُعدُّ أساسًا ليتعرَّف تنظيم المعلومات، وطرائق ترابطها. ويُقدِّم الدليل مقترحات عدَّةٍ لهذا الربط، وينتهج أساليب متنوعة تختلف باختلاف موضوع الدرس.

2 التدريس

التدريس يشمل ما يأتي:

- **المناقشة**
  يُقدِّم الدليل للمعلِّم مقترحات لمناقشة الطلبة في موضوع الدرس، مثل الأسئلة التي تمهِّد للحوار بين المعلِّم وطلبته، وتُقدِّم إجابات مقترحة لها، تنمح المناقشة الطلبة فرصةً للتعبير عن آرائهم، وتُعلِّمهم تنظيم أفكارهم، وحسن الإصغاء، واحترام الرأي الآخر، وتزيد من ثقتهم بأنفسهم.
- **بناء المفهوم**
  تنوعت طرائق بناء المفهوم بالدليل وذلك بحسب طبيعة المفهوم. ويُقدِّم الدليل أفكارًا مقترحة لبناء المفاهيم الواردة في كتاب الطالب.
- **استخدام الصور والأشكال**
  تُنمّي الصور والأشكال الثقافة البصرية، وتُوضِّح المفاهيم الواردة في الدرس. يُبيِّن الدليل للمعلِّم كيفية توظيفه الصور والأشكال في عملية التدريس، ويُرشِده إلى كيفية الإفادة منها في تحفيزهم على التفكير.
- **إضاءة للمعلِّم**
  معلومة للمعلِّم تُسهِم في إعطائه تفصيلات محددة عن موضوع ما. وقد تُسهِم الإضاءة في تقديم إجابات لأسئلة الطلبة التي تكون غالبًا خارج نطاق المعلومة الواردة في الكتاب.

---

1 تقديم الدرس

الفكرة الرئيسة:
اكتب على اللوح الفكرة الرئيسة، ثم وضِّح للطلبة أنَّ اكتشاف بِنية الذَّرَّة وتركيبها تطوَّر عبر سلسلة طويلة من الدراسات والأبحاث، تضافرت خلالها جهود العديد من علماء الفيزياء والكيمياء، ومن أبرز هؤلاء العلماء الفيزيائي نيلز بور الذي درس ذَرَّة الهيدروجين وطيفها الذَّرِّي. وهذا يشير إلى وجود عديد من الفرضيات والنماذج حاولت تفسير بِنية الذَّرَّة وتركيبها.

الربط بالمعرفة السابقة:
- ذكِّر الطلبة بالنماذج التي درسوها عن تركيب الذَّرَّة وبِنيتها، ثم اطلب إلى بعضهم رسم نماذج على اللوح لكلٍّ من النماذج الآتية، موضِّحين سبب رفضها:
  نموذج ثامبسون، نموذج دالتون، نموذج رذرفورد.

المناقشة:
أخبِر الطلبة أنَّ الضوء هو المصدر الرئيس للمعلومات الحديثة عن بِنية الذَّرَّة وتركيبها، وأنَّهم سيتعرَّفون في هذا الدرس الضوءَ، وأهم خصائصه (التردُّد، وطول الموجة)، ودوره في اكتشاف مُكوِّنات الذَّرَّة.

بناء المفهوم
الطيف الكهرومغناطيسي
هو مدى واسع من الأمواج أو الأشعة التي تسير في الفضاء بسرعة ثابتة تساوي (3×10^8 m/s)، مثل: ضوء الشمس، والأشعة السينية، وأمواج الراديو والميكروويف؛ وهو يضم الأمواج الضوئية بجميع أطوالها الموجية.

استخدام الصور والأشكال:
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، ثم اطلب إليهم تحديد طاقة كل مستوى في ذَرَّة الهيدروجين.
- ناقِش الطلبة في إجاباتهم لاستنتاج الافتراض الأول لنظرية بور لذَرَّة الهيدروجين، مُبيِّنًا لهم العلاقة التي يُمكِن بها حساب طاقة المستوى في هذه الذَّرَّة.

إضاءة للمعلِّم
درس العالِم بيتر زيمان الأطياف الخطية بالتأثير عليها في مجال مغناطيسي، وتوصَّل إلى أنَّ كل خط طيف ينشطر إلى عدد فردي من الخطوط الطيفية الدقيقة، وأنَّ هذه الخطوط تُمثِّل الأفلاك في كل مستوى فرعي. وهذا يشير إلى أنَّ كل مستوى فرعي يتكوَّن من عدد من الأفلاك، وأنَّ ظاهرة انشطار خطوط الطيف تُسمّى تأثير زيمان.
تُعزى تسمية عدد الكم المغناطيسي إلى أنَّ لكل جسيم مشحون (مثل الإلكترون) عزمًا مغناطيسيًّا إذا كان يدور في دائرة حول نقطة معينة. وقد تبيَّن أنَّ عدد الكم المغناطيسي (m) لقيمة معينة في المستوى الفرعي (ℓ) يُمكِن أن يأخذ عددًا من القيم $(1 + 2\ell)$.

أخطاء شائعة

قد يكون لدى بعض الطلبة بناء معرفي غير صحيح، يذكر الدليل هذه الأخطاء.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الطيف الذَّرِّي يتكوَّن فقط من الأطوال الموجية التي تظهر من تحليل الضوء الصادر عن الذَّرّات المثارة في منطقة الضوء المرئي. والحقيقة أنَّ الطيف الذَّرِّي يتكوَّن من عِدَّة أطوال موجية صادرة عن الذَّرَّة التي تقع في منطقة الضوء المرئي وغير المرئي، غير أنَّ ما يُمكِن تمييزه بالعين هو جزء من الأمواج يظهر في منطقة الضوء المرئي. أمّا الأطوال الموجية الأُخرى فيُمكِن تعرُّفها عن طريق تأثيرها في الألواح الفوتوغرافية مثل ألواح صور الأشعة.

طريقة أخرى للتدريس

يقدم الدليل مقترحات لتدريس المفهوم بأكثر من طريقة. ويمكن للمعلِّم الاستفادة من تنوع الطرائق المقدمة لتدريس مفهوم ما في خططه العلاجية؛ لمعالجة ضعف بعض الطلبة، إضافةً إلى إمكانية الإفادة منها في تقديم المفهوم بطرائق تنسجم مع خصائص الطلبة وذكاءاتهم المختلفة.

طريقة أُخرى للتدريس

قد يجد بعض الطلبة صعوبة في تعرُّف فروض نظرية بور. اطلب إلى الطلبة تمثيل مستويات الطاقة في ذَرَّة الهيدروجين باستخدام سُلَّم منزلي؛ وذلك بقياس ارتفاع إحدى درجات السلّم عن الأرض، وتدوين قياساتهم، ثم اختر طالبين متماثلين في الكتلة تقريبًا؛ ليقف أحدهما على الدرجة الأولى والثاني على الدرجة الثانية من السُّلّم.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– أيُّ الطالبين لديه طاقة وضع أكبر؟ ولماذا؟

الطالب على الدرجة الثانية؛ لأنَّ ارتفاعه عن الأرض (المركز) أكبر.

نشاط سريع

يسهم هذا النشاط في التنسيق بين الموقف التعليمي وأحد المواقف في الحياة العملية، ويستثير قدرات الطلبة، ويُخفِّف جانب الملل لديهم.

نشاط سريع مفهوم طول الموجة:

استخدم نابض الأمواج لتشكيل أمواج مختلفة، بتحريك النابض على سطح الأرض يمينًا ويسارًا؛ بُغْيَةَ توضيح مفهوم طول الموجة للطلبة.

معلومة إضافية

تُسهِم المعلومات الإضافية في توسيع مدارك الطلبة.

معلومة إضافية

عدد الكم المغزلي لم يكن نتيجةً لمعادلة شرودنجر؛ ذلك أنَّ العزم المغزلي للإلكترون لم يكن معروفًا وقتئذٍ؛ إذ اكتُشِف لاحقًا عندما لاحظ العلماء أنَّ خطوط أطياف الذَّرّات (مثل ذَرَّة الهيليوم التي يحتوي فَلَكها على إلكترونين) تتكوَّن من خطين متجاورين، وفسَّروا ذلك بأنَّ لكل إلكترون منها اتجاهًا أو عزم دوران معاكسًا للآخر. وبناءً على ذلك، أُدخِلت بعض التعديلات على معادلة شرودنجر، وتفسير هذه الظاهرة، فضلًا عن إضافة هذا العدد وتطبيقه على ذرّات أكثر تعقيدًا من ذَرَّة الهيدروجين أو ذَرَّة الهيليوم.

تعزيز

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

تعزيز:

علاقة حجم المستوى بخصائص الذرة:

يتحدَّد حجم الذَّرَّة بناءً على حجم المستوى الأبعد عن النواة، ويقاس عن طريق نصف قُطْر الذَّرَّة الذي ستتعرَّفه في الوحدة الثانية.

ويعتمد نصف القُطْر على قوة التجاذب الناشئة بين الإلكترونات السالبة المُوزَّعة على مستويات الطاقة المختلفة.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية

يُبيِّن الدليل للمعلِّم القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمواد الدراسية والموضوع المرتبط بها، ويبين له أهمية كل مفهوم في حياة الطلبة، وفي بناء شخصية متكاملة متوازنة لكل منهم.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمُّل والتساؤل.**

وجِّه الطلبة إلى تأمُّل الأشكال والرسوم والصور؛ لاستنتاج المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة، مُبيِّنًا لهم أنَّ التساؤلات هي أساس استكشاف المعرفة.

3 التقويم

التقويم يشمل ما يأتي:

- إجابات أسئلة مراجعة الدرس.
- إجابات أسئلة الوحدة.

التقويم في كتاب الطالب

روعي التقويم في كتاب الطالب وكتاب الأنشطة والتجارب العملية ودليل المعلم؛ للتحقق من فهم الطلبة، ويدعم التقويم الإنجازات الفردية، ويتيح للطلبة فرصة التأمل في تعلمهم، ووضع أهداف لأنفسهم. ويوفر التغذية الراجعة والتحفيز والتشجيع لهم. ويُوظَّف في التقويم استراتيجيات تلبي حاجات الطلبة المتنوعة. وفق ما يأتي:

أتحقق

أسئلة للتحقق من مدى فهم الطلبة أثناء سير التعلم (تقويم تكويني).

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

مراجعة الدرس

أسئلة متنوعة مرتبطة بالفكرة الرئيسة للدرس والمفاهيم والمصطلحات والمهارات المتنوعة.

مراجعةُ الدرسِ

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

2- أُحدِّدُ الخاصيةَ التي يشيرُ إليْها كلُّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ: الرئيسِ، والمغناطيسيِّ.

3- أتوقَّعُ عددَ المستوياتِ الفرعيةِ في المستوى الرئيسِ الرابعِ.

4- أُحدِّدُ عددَ أفلاكِ المستوى الفرعيِّ (d).

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

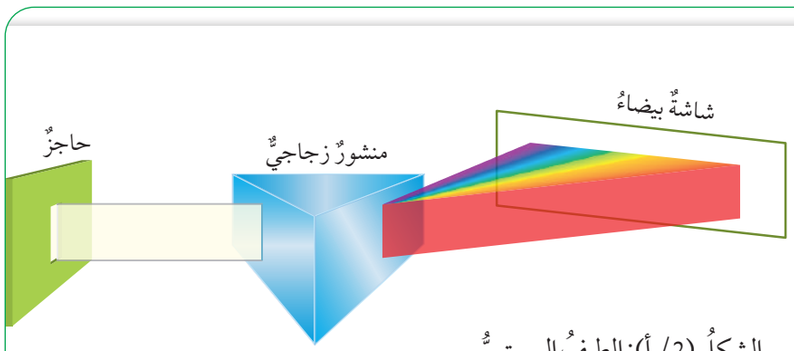
6- **أُفسِّرُ**: لا يُمكِنُ لإلكترونٍ ثالثٍ دخولُ فَلَكٍ يحوي إلكترونيْنِ.

7- **أُفكِّرُ**: هلْ يُمكِنُ لفَلَكٍ ما في الذرَّةِ أنْ يتَّخِذَ أعدادَ الكَمِّ الآتيةَ؟ أُعزِّزُ إجابتي بالدليلِ.

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

أسئلة الأشكال

أسئلة إجاباتها تكون من الصورة لتدريب الطلبة على التحليل.



الشكلُ (2/ أ): الطيفُ المستمرُّ.

أُفسِّرُ سببَ تشتُّتِ الضوءِ بعدَ خروجِهِ منَ المنشورِ.

مراجعة الوحدة

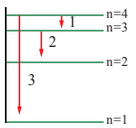
أسئلة متنوعة مرتبطة بالمفاهيم والمصطلحات والمهارات والأفكار العلمية الواردة في الوحدة.

مراجعةُ الوحدةِ

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

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

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



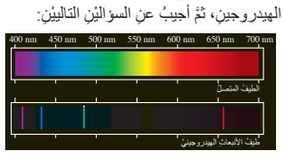
أ . أجِدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يُمثِّلُها الرقمُ (2).

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

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

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

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



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

ب. أحدِّدُ موقعَ هذا الخطِّ ولونَهُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

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

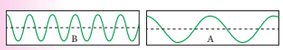
*7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عِدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ مُتباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، ومناطقَ واسعةٍ في مُختلِفِ أنحاءِ العالَمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

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

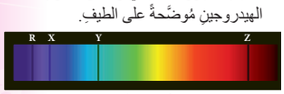
أ . أجِدُ الطولَ الموجيَّ لكلِّ تردُّدٍ.

ب. أجِدُ طاقةَ الفوتونِ المحتملةَ لكلِّ تردُّدٍ.

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



*8. يهتمُّ علمُ الفلكِ بتحليلِ طيفِ الضوءِ الصادرِ عنِ النجومِ لتعرُّفِ مُكوِّناتِها؛ إذْ تظهرُ خطوطُ الامتصاصِ الخطيِّ 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:

أ . الطولَ الموجيَّ الأقصرَ.

ب. الطولَ الموجيَّ الأطولَ.

جـ. التردُّدَ الأعلى.

د . أقلَّ طاقةٍ.

9. ذرَّةُ هيدروجينَ مثارةٌ في مستوًى مجهولٍ، يتطلَّبُ تحويلُها إلى أيونٍ موجبٍ أنْ تُزوَّدَ بكميةٍ منَ الطاقةِ مقدارُها ($0.11\ R_H$) جول. ما رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ؟

التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية

يشمل التقويم في كتاب الأنشطة والتجارب العملية على ما يأتي:

أسئلة الاختبارات الدولية

محاكاةٌ لأسئلةِ الاختباراتِ الدوليةِ

السؤالُ الأولُ:

ظهرَ كلوريدُ الليثيومِ باللونِ الأحمرِ في تجربةِ اختبارِ اللهبِ. منطقةُ الطيفِ التي يُمكِنُ أنْ يظهرَ فيها الطيفُ الأكثرُ طاقةً هيَ:

1) 600 nm - 650 nm
2) 500 nm - 550 nm
3) 450 nm - 500 nm
4) 400 nm - 450 nm

السؤالُ الثاني:

درسَ طالبٌ الطيفَ الذرِّيَّ لعنصرٍ ما، فوجدَ أنَّ لهُ خطَّيْ طيفٍ أحمرَ وأزرقَ. إذا كانَ الطيفُ الذرِّيُّ يتو
معَ فرقِ الطاقةِ بينَ مستويَيْنِ للطاقةِ ينتقلُ بينَهُما الإلكترونُ عندَ عودتِهِ منْ مستوى طاقةٍ أعلى إلى مست
طاقةٍ أقلَّ، فأُجيبُ عنِ السؤالينِ الآتيَيْنِ:

أ- أرسمُ مُخطَّطًا يُوضِّحُ حركةَ الإلكترونِ التي تتوافقُ معَ خطوطِ الطيفِ التي يُحتمَلُ ظهورُها على أس
وجودِ ثلاثةِ مستوياتٍ محتملةٍ للطاقةِ.

ب- أُحدِّدُ مستويَيِ الطاقةِ الموافقةِ لكلِّ طيفٍ، مُبيِّنًا الأسسَ التي اعتمدتُها.

أسئلة التحليل والاستنتاج

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.

التقويم في دليل المعلِّم

1 تقديم الدرس

الربط بالمعرفة السابقة:

- ذكِّر الطلبة بالنماذج التي درسوها عن تركيب الذَّرَّة وبِنيتها، ثم اطلب إلى بعضهم رسم نماذج على اللوح لكلٍّ من النماذج الآتية، مُوضِّحين سبب رفضها:

نموذج ثامبسون، نموذج دالتون، نموذج رذرفورد.

- وضِّح للطلبة أنَّ هذه النماذج لم تتمكَّن من تفسير بِنية الذَّرَّة وتركيبها وخصائصها، إلى أنِ اكتُشِفت ظاهرة التأثير الكهروضوئي التي

الربط مع المعرفة السابقة

استراتيجيات التقويم:

التقويم المعتمد على الأداء

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- التقديم: عرض منظم مخطط يقوم به الطالب.
- العرض التوضيحي: عرض شفوي أو عملي يقوم به الطالب.
- الأداء العملي: أداء الطالب مهام محددة بصورة عملية.
- الحديث: تحدث الطالب عن موضوع معين خلال مدة محددة.
- المعرض: عرض الطالب إنتاجه الفكري والعملي.
- المحاكاة/ لعب الأدوار: تنفيذ الطالب حوارًا بكل ما يرافقه من حركات.
- المناقشة/ المناظرة: لقاء بين فريقين من الطلبة يناقشون فيه قضية ما، بحيث يتبنى كل فريق وجهة نظر مختلفة.

الورقة والقلم

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الاختبار: طريقة منظمة لتحديد مستوى تحصيل الطالب معلومات ومهارات في مادة دراسية تعلَّمها قبلًا.

التواصل.

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- المؤتمر: لقاء مخطط يعقد بين المعلّم والطالب.
- المقابلة: لقاء بين المعلّم والطالب.
- الأسئلة والأجوبة: أسئلة مباشرة من المعلّم إلى الطالب.

الملاحظة

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- الملاحظة المنظمة: ملاحظة يخطّط لها من قبل، ويحدّد فيها ظروف مضبوطة، مثل: الزمان، والمكان، والمعايير الخاصة بكل منهما.

مراجعة الذات

المواقف التقويمية التابعة للاستراتيجية:

- يوميات الطالب: كتابة الطالب ما قرأه، أو شاهده، أو سمعه.
- ملف الطالب: ملف يضم أفضل أعمال الطالب.
- تقويم الذات: قدرة الطالب على تقييم أدائه، والحكم عليه.

أدوات التقويم:

- قائمة الرصد
- سلم التقدير العددي
- سلم التقدير اللفظي
- سجل وصف سير التعلم
- السجل القصصي

المهارات

يشتمل كتاب الطالب على مهارات متنوعة:

مهارات القرن الحادي والعشرين

يشهد العالم تحولات وتغيرات هائلة ما يتطلب مستويات متقدمة من الأداء والمهارة، والتحول من ثقافة المستوى الأدنى إلى ثقافة الجودة والإتقان، ومن ثقافة الاستهلاك إلى ثقافة الإنتاج. يعد إكساب الطالب مهاراتِ القرن الحادي والعشرين ركيزة أساسية لتحقيق مفهوم التعلم مدى الحياة.

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

مهارات العلم

العمليات التي يقوم بها الطلبة أثناء التوصل إلى النتائج والحكم والتحقق من صدقها، وتسهم ممارسة هذه المهارات في إثارة الاهتمامات العلمية للطلبة؛ ما يدفعهم إلى مزيد من البحث والاكتشاف.

- الأرقام والحسابات.
- استعمال المتغيرات.
- الاستنتاج.
- التجريب.
- تفسير البيانات.
- التواصل.
- التوقع.
- طرح الاسئلة.
- القياس.
- الملاحظة.

مهارات القراءة

تعد القراءة عملية عقلية يمارس فيها الفرد عِدَّة مهارات. وتهدف مهارات القراءة بوجه عام إلى تنمية البنى المعرفية وحصيلة المفردات العلمية والذكاءات المتعددة، وتعزيز الجوانب الوجدانية والثقة بالنفس والقدرة على التواصل الفاعل، وتنمية التفكير العلمي والإبداعي.

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

المهارات العلمية والهندسية

تنمّي هذه المهارات قدرات الطالب على عرض أعماله وأفكاره بدقة وموضوعية، وتبريرها والبرهنة على صدقها، وعرضها بطرائق وأشكال مختلفة، وتبادلها مع الآخرين، واحترام الرأي الآخر. وتؤكد هذه المهارات أهمية إحداث الترابط المرغوب فيه بين المواد الدراسيّة المختلفة، ومع متطلبات التفكير الناقد والإبداعيّ.

- استخدام الرياضيات.
- الاعتماد على الحجة والدليل العلمي.
- بناء التفسيرات العلمية وتصميم الحلول الهندسية.
- تحليل وتفسير البيانات.
- التخطيط وإجراء الاستقصاءات.
- تطوير واستخدام النماذج.
- الحصول على المعلومات وتقيمها وإيصالها.
- طرح الأسئلة وتحديد المشكلات.

استراتيجيات التدريس وأساليب داعمة في التعلُّم

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

التعلّم التعاوني Collaborative Learning:

عمل الطلبة ضمن مجموعات لمساعدة بعضهم بعضًا في التعلّم؛ تحقيقًا لهدف مشترك أو واجب ما؛ على أن يبدي كل طالب مسؤولية في التعلُّم، ويتولى العديد من الأدوار داخل المجموعة.

التفكير الناقد critical thinking:

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

حل المشكلات Problem Solving:

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

أكواب إشارة المرور Traffic Light |Cups:

يستخدم هذا الأسلوب للتدريس والمتابعة باستعمال أكواب متعددة الألوان (أحمر، أصفر، أخضر)، بوصف ذلك إشارة للمعلّم في حال احتاج الطلبة إلى المساعدة. يشير اللون الأخضر إلى عدم حاجة الطلبة إلى المساعدة، ويشير اللون الأصفر إلى حاجتهم إليها، أو إلى وجود سؤال يريدون طرحه على المعلّم من دون أن يمنعهم ذلك من الاستمرار في أداء المهام المنوطة بهم. أما اللون الأحمر فيشير إلى حاجة الطلبة الشديدة إلى المساعدة، وعدم قدرتهم على إتمام مهامهم.

فكّر، انتق زميلًا، شارك Think- Pair- Share:

أسلوب يستخدم لعرض أفكار الطلبة، وفيه يطرح المعلّم سؤالًا على الطلبة، ثم يمنحهم الوقت الكافي للتفكير في الإجابة وكتابة أفكارهم في ورقة، ثم يطلب إلى كل طالبين مشاركة بعضهما بعضًا في الأفكار، ثم عرضها على افراد المجموعات.

الطاولة المستديرة Round Table:

يمتاز هذا الأسلوب بسرعة تجميع أفكار الطلبة؛ إذ يكتب المعلّم أو أحد أفراد المجموعة سؤالًا في أعلى ورقة فارغة، ثم يُمرّر أفراد المجموعة الورقة على الطاولة، بحيث يضيف كل طالب فقرة جديدة تمثّل إسهامًا في إجابة السؤال، ويستمر ذلك حتى يطلب المعلّم إنهاء ذلك. بعدئذٍ، ينظّم أفراد المجموعة مناقشة للإجابات، ثم تعرض كل مجموعة نتائجها على بقية المجموعات.

دراسة الحالة:

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

بطاقة الخروج Exit Ticket:

يمثّل هذا الأسلوب مهمة قصيرة ينفّذها الطلبة قبل خروج المعلّم من الصف، وفيها يجيبون عن أسئلة قصيرة محددة مكتوبة في بطاقة صغيرة، ثم يجمع المعلّم البطاقات ليقرأ الإجابات، ثم يعلّق في الحصة التالية على إجابات الطلبة التي تمثّل تغذية راجعة يستند إليها في الحصة اللاحقة.

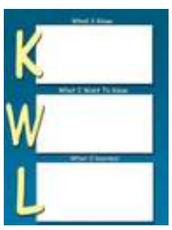
اثنِ ومرّر Fold and Pass:

أسلوب يجيب فيه الطلبة أو أفراد المجموعات عن سؤال في ورقة، ثمّ تُمرّر الورقة على طلبة الصف بعد ثنيها، وتستمر العملية حتى يّصدر المعلّم للطلبة إشارة بالتوقّف، ثم يقرأ أحد افراد المجموعة ما كُتب في الورقة بصوت عال. وبهذا يتيح للمعلّم جمع معلومات عن إجابات الطلبة، ويتاح للطلبة المشاركة بحرية أكبر، وتقديم التغذية الراجعة، وتقويم الآخرين عندما يقرأون إجابات غيرهم.

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

أسلوب يقارن فيه الطلبة (لفظًا، أو كتابةً) أفكارهم في بداية الدرس بما وصلت إليه عند نهايته، ومن الممكن استخدامه تقويمًا ذاتيًّا يتيح للمعلّم الاطلاع على مدى تحسن التعلم لدى الطلبة، وتصحيح المفاهيم البديلة لديهم، وتخطيط الدرس التالي، وتصميم خبرات جديدة تناسب تعلمهم بصورة أفضل.

جدول التعلُّم (What I already Know/ What I Want to Learn / What I Learned):



يعتمد على محاور أساسية ثلاثة وهي:

- ماذا أعرف؟ وهي خُطوة مهمة لفهم الموضوع الجديد وإنجاز المهمات، فالمتعلِّم يحدِّد إمكاناته حتى يتمكن من استثمارها على أحسن وجه.
- ماذا أريد أن أتعلم؟ وهي مرحلة تحديد المهمة المُتوقَّع إنجازها أو المشكلة التي ينبغي حلها.
- ماذا تعلمت؟ وهي مرحلة تقويم ما تعلَّمهُ الطالب من معارف ومهام وأنشطة.

طريقة فراير Frayer Method:

يتطلب هذا الأسلوب إكمال الطلبة (فرادى، أو ضمن مجموعات) المنظم التصويري الآتي:

الطلاقة اللفظية:

يستخدم هذا الاسلوب لتعزيز عمليتي المناقشة والتأمّل، وفيه يتبادل أفراد المجموعة الأدوار بالتحدث عن الموضوع المطروح، والاستماع لبعضهم بعضًا مدَّة محددة من الوقت.

التعلم بالتعاقد:

تعتمد هذه الاستراتيجية على إشراك الطلبة إشراكًا فعليًّا في تحمّل مسؤولية تعلمهم، تبدأ بتحديد ما سيتعلمونه في فترة زمنية محددة. ويتم من خلال هذه الاستراتيجية عقد اتفاق محدد بين المعلم وطلبته يتضح فيه المصادر التعليمية التي سيلجأ إليها الطلبة خلال عملية بحثهم، وطبيعة الأنشطة التي سيجرونها، وأسلوب التقويم وتوقيته.

السقالات التعليمية (Instructional Scaffolding):

تجزئة الدرس إلى أجزاء صغيرة؛ ما يساعد الطلبة على الوصول إلى استيعاب الدرس، أو استخدام الوسائط السمعية والبصرية، أو الخرائط الذهنية، أو الخطوط العريضة، أو إيماءات الجسد أو الروابط الإليكترونية وغيرها من الوسائل التي تعد بمثابة "السقالات التعليمية" التي تهدف إلى إعانة الطالب على تحقيق التعلم المقصود .

التعلُّم المقلوب (Flipped Learning):

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

تمايُز التدريس والتعلُّم

Differentiation of Teaching and Learning

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

يكون التمايُز في أبسط مستوياته عندما يلجأ المعلِّم إلى تغيير طريقة تدريسه؛ بُغْيَةَ إيجاد فرص تعلُّم لطالب، أو مجموعة صغيرة من الطلبة.

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

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

أمثلة على التمايُز في المحتوى:

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

أمثلة على التمايُز في الأنشطة:

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

أمثلة على التمايُز في الأعمال التي يؤديها الطلبة:

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

أمثلة على التمايُز في بيئة التعلُّم:

- تطوير إجراءات تسمح للطلبة بالحصول على المساعدة عند انشغال المعلِّمين بطلبة آخرين، وعدم تمكُّنهم من تقديم المساعدة المباشرة لهم.
- التحقُّق من وجود أماكن في غرفة الصف، يُمكِن للطلبة العمل فيها بهدوء، ومن دون إلهاء، وكذلك أماكن أُخرى تُسهِّل العمل التعاوني بين الطلبة.

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

- طريقة أخرى للتدريس.
- نشاط سريع.
- مشروع الوحدة.

طريقة أُخرى للتدريس

قد يجد بعض الطلبة صعوبة في تعرُّف فروض نظرية بور. اطلب إلى الطلبة تمثيل مستويات الطاقة في ذَرَّة الهيدروجين باستخدام سُلَّم منزلي؛ وذلك بقياس ارتفاع إحدى درجات السلّم عن الأرض، وتدوين قياساتهم، ثم اختر طالبين متماثلين في الكتلة تقريبًا؛ ليقف أحدهما على الدرجة الأولى والثاني على الدرجة الثانية من السُّلّم.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– أيُّ الطالبين لديه طاقة وضع أكبر؟ ولماذا؟

الطالب على الدرجة الثانية؛ لأنَّ ارتفاعه عن الأرض (المركز) أكبر.

- اطلب إلى الطالبين ترك السُّلَّم، واطلب من آخر الصعود إليه، ثم اسأل الطلبة:

–ماذا يحدث لطاقة وضع الطالب عندما ينتقل من أدنى درجة إلى درجة أعلى؟

تزداد طاقة الوضع.

– هل يُمكِن حساب طاقة وضع الطالب عند كل درجة؟

نعم، يُمكِن ذلك باستخدام قانون طاقة الوضع.

– هل يُمكِن حساب الفرق في طاقة الوضع بين الدرجات عندما يصعد عليها الطالب؟

نعم، يُمكِن ذلك بحساب فرق طاقة الوضع بين الدرجة العليا والدرجة الدنيا.

– هل تتغيَّر طاقة وضع الطالب في حال ظلَّ عند الدرجة نفسها؟ لا.

–ماذا يحدث لطاقة الوضع عندما ينتقل الطالب من الدرجة العليا إلى الدرجة الدنيا؟ ولماذا ؟

تقل؛ لأنَّه يصبح عند درجة أقرب إلى الأرض، حيث طاقة الوضع عندها أقل.

- يُمكِن تكرار هذه الإجراءات لأكثر من طالب.

نشاط سريع مفهوم طول الموجة:

استخدم نابض الأمواج لتشكيل أمواج مختلفة، بتحريك النابض على سطح الأرض يمينًا ويسارًا؛ بُغْيَةَ توضيح مفهوم طول الموجة للطلبة.

مشروع الوحدة:

اقترح على الطلبة عمل مشروع عن تاريخ استكشاف بِنية الذَّرَّة، مثل:

- **مشروع مُدوَّنة تاريخ الذَّرَّة:**

اطلب إلى بعض الطلبة من ذوي الميول الحاسوبية عمل مُدوَّنة عن مراحل استكشاف الذَّرَّة، وإبراز جهود أهم العلماء في هذا المجال.

- **تصميم هرم الذَّرَّة وبناؤها:**

وجِّه مجموعة من الطلبة إلى بناء هرم مجسم، توضع فيه نماذج تُمثِّل مراحل استكشاف الذَّرَّة وتعرُّف بِنيتها.

- **فيلم تصويري يعرض لمراحل تطوُّر استكشاف الذَّرَّة:**

اطلب إلى مجموعة من الطلبة جمع صور لنماذج بِنية الذَّرَّة، وترتيبها بحسب تطوُّرها الزمني، واستخدام برمجية مناسبة (مثل دريم ويفر) لعمل مقطع فيديو يتناول هذه المراحل ثم تحميله في موقع المدرسة الإلكتروني.

توظيف التكنولوجيا:

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

عند توظيف المعلِّم للتكنولوجيا، يتعيَّن عليه مراعاة ما يأتي:

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

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن نظرية بور لذرة الهيدروجين، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

الوحدة الأولى: بِنية الذَّرَّة وتركيبها
The structure and composition of the atom

تجربة استهلالية: الطيف الذَّرِّي.

الدرس	نتاجات التعلُّم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: نظرية بور لذّرَّة الهيدروجين.	• أستكشف الذَّرَّة ومراحل تطوُّرها. • أُوضِّح المقصود بالطيف الذَّرِّي، والطيف الكهرو مغنا طيسي . • أستخدم نتائج نظرية بور لحساب كمية الطاقة المنبعثة أو الممتصة عند انتقال الإلكترون بين مستويين في ذرة الهيدروجين.	○ تجربة1 : اختلاف طيف الانبعاث للفلزات المختلفة.	3
الثاني: النموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة.	• أصف النموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة. • أستدل على الصفات المميزة للعناصر عن طريق أعداد الكم الأربعة. • أكتب توزيعًا إلكترونيًّا لمجموعة من العناصر في الجدول الدوري (ممثلة، وانتقالية)، مُوظِّفًا مبدأ باولي للاستبعاد، وقاعدة هوند، ومبدأ أوفباو للبناء التصاعدي. • أتنبأ بدورية خصائص العناصر (مثل: نصف القُطْر الذَّرِّي، وطاقة التأين، والسالبية الكهربية) في الدورة والمجموعة في الجدول الدوري.		3

النتاجات السابقة واللاحقة المُتعلِّقة بالوحدة الأولى: بنية الذَّرَّة وتركيبها.

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يدرس مُكوِّنات الذَّرَّة. • يستخدم الجدول الدوري ومواقع العناصر فيه للتنبؤ بنشاط العناصر وميلها إلى فقد الإلكترونات، أو اكتسابها، أو امكانية التشارك فيها.	الثامن	• يستكشف خصائص الذَّرَّة، ومُكوِّناتها. • يُوضِّح مفهوم تهجين الأفلاك، ومبررات حدوثه. • يستقصي العلاقة بين شكل الجزيء ونوع تهجين أفلاك الذَّرَّة المركزية.	الحادي عشر
• يستكشف الذَّرَّة، ومُكوِّناتها، ومراحل اكتشافها. • يُقدِّر أهمية التجريب في علم الكيمياء. • يكتب التوزيع الإلكتروني لذرات بعض العناصر في المجموعات المختلفة. • يستنتج ترتيب العناصر وخصائصها في الجدول الدوري. • يستخدم الجدول الدوري للتنبؤ ببعض خصائص العناصر (الحجم، والنشاط الكيميائي).	التاسع		

أتأمَّلُ الصورةَ

- وجِّه انتباه الطلبة إلى تأمُّل صورة الوحدة، ثم إجابة أسئلة «أتأمل الصورة».
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُوضِّحًا لهم ما يأتي:
- تتوزَّع الإلكترونات في الذَّرَّة على مستويات من الطاقة، وكل إلكترون يمتلك مقدارًا من الطاقة مساويًا لمقدار طاقة المستوى الموجود فيه.
- يُعَدُّ طيف الانبعاث أو طيف الامتصاص أحد أهم الدلائل على انتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة.

الفكرة العامة:

- اقرأ الفكرة العامة للوحدة أو اكتبها على السبورة، ثم مَهِّد للوحدة بالحديث عن الذَّرَّة ومُكوِّناتها، ثم اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– مِمَّ تتكوَّن الذَّرَّة؟

تتكوَّن الذَّرَّة من مُكوِّنات صغيرة، هي: البروتونات، والنيترونات والالكترونات.

– أين يوجد كلٌّ من هذه المُكوِّنات؟

توجد البروتونات، والنيترونات في مركز الذَّرَّة، الذي يُسمّى النواة، أما الإلكترونات فتتوزَّع حولها.

- أخبِر الطلبة أنَّه يوجد العديد من النماذج التي قدَّمها العلماء لتوضيح بِنية الذَّرَّة وتركيبها، غير أنَّ هذه النماذج لم تُقدِّم تصوُّرًا واضحًا لبِنية الذَّرَّة وتركيبها، وعلاقة ذلك بخصائص الذَّرّات وسلوكها. أخبِرهم أيضًا أنَّ هذه الوحدة تعرض أهم هذه النظريات والنماذج.

مشروع الوحدة:

اقترح على الطلبة عمل مشروع عن تاريخ استكشاف بِنية الذَّرَّة، مثل:

- **مشروع مُدوَّنة تاريخ الذَّرَّة:**

اطلب إلى بعض الطلبة من ذوي الميول الحاسوبية عمل مُدوَّنة عن مراحل استكشاف الذَّرَّة، وإبراز جهود أهم العلماء في هذا المجال.

- **تصميم هرم الذَّرَّة وبناؤها:**

وجِّه مجموعة من الطلبة إلى بناء هرم مجسم، توضع فيه نماذج تُمثِّل مراحل استكشاف الذَّرَّة وتعرُّف بِنيتها.

- **فيلم تصويري يعرض لمراحل تطوُّر استكشاف الذَّرَّة:**

اطلب إلى مجموعة من الطلبة جمع صور لنماذج بِنية الذَّرَّة، وترتيبها بحسب تطوُّرها الزمني، واستخدام برمجية مناسبة (مثل دريم ويفر) لعمل مقطع فيديو يتناول هذه المراحل ثم تحميله في موقع المدرسة الإلكتروني.

الفكرةُ العامةُ:

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

الدرسُ الأولُ: نظريةُ بور لذرَّةِ الهيدروجينِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: ينبعثُ الضوءُ منْ ذرّاتِ العناصرِ بتردُّداتٍ مُعيَّنةٍ اعتمادًا على تركيبِها وبِنيتِها.

الدرسُ الثاني: النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ للذرَّةِ.

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

8

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

***القضايا ذات العلاقة بالعمل: إدارة المشاريع.**

أخبِر الطلبة أنَّ النجاح في إدارة المشروع يتطلَّب التخطيط الجيد للمشروع، والمشاركة الفاعلة لأفراد الفريق، وأداء المهام المنوطة بهم بإتقان، والتقييم المستمر لمراحل العمل وتطويرها ضمن خطة زمنية واضحة المعالم؛ ما يساعد على نجاح المشروع وديمومته.

تجربةٌ استهلاليةٌ

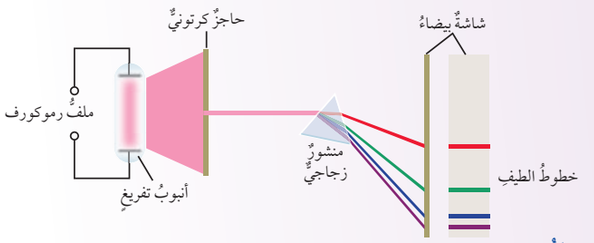
الطيفُ الذرِّيُّ

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

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

خطواتُ العملِ:

1. أعملُ شَقًّا مستطيلًا رفيعًا في حاجزِ الكرتونِ، طولُهُ 2 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 الضوئيِّ، ثمَّ أُكرِّرُ الخطواتِ السابقةَ باستعمالِ ملفِّ رموكورف.



التحليلُ والاستنتاجُ:

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

2- أَصِفُ الضوءَ الصادرَ عنْ أنبوبِ التفريغِ.

3- ما الفرقُ بينَ ألوانِ الضوءِ الصادرةِ في كلتا الحالتَيْنِ؟

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

***القضايا ذات العلاقة بالعمل: الأمان والسلامة.**

ورد في التجربة الاستهلالية إرشاد يُؤكِّد أهمية الحفاظ على سلامة الطلبة في أثناء العمل؛ لذا نبِّه الطلبة إلى الالتزام بإجراءات الأمان وإرشادات السلامة عند استخدام ملف رموكورف ذو الفولتية العالية، وعدم العبث بالجهاز أو بالتوصيلات الكهربائية في أثناء تنفيذ التجربة.

التحليل والاستنتاج:

1. يظهر ضوء المصباح العادي على الشاشة البيضاء في صورة مجموعة من الألوان المتتابعة المتداخلة على شكل قوس المطر، ويُسمّى الطيف المتصل.
2. يظهر الضوء الصادر عن أنبوب التفريغ في صورة مجموعة من الخطوط الملونة المتباعدة، ويُسمّى الطيف المنفصل.
3. الضوء العادي: سلسلة من الألوان المتتابعة المتداخلة، من دون وجود حدٍّ فاصل بين اللون واللون الذي يليه.

الضوء الصادر عن أنبوب التفريغ: مجموعة من الخطوط، لكلٍّ منها لون خاص به يُمكِن تمييزه من غيره.

تجربة استهلالية

الهدف: تمييز أنوع الموجات الضوئية، وبيان أوجه الاختلاف بينها.

زمن التنفيذ: 20 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- التحقُّق من سلامة التوصيلات الكهربائية قبل بدء تنفيذ التجربة.
- عدم العبث بملف رموكورف في أثناء تشغيله؛ فهو ذو فولتية عالية (4000 فولت)، وقد يُسبِّب صعقة كهربائية.
- الالتزام بإجراءات الأمان وإرشادات السلامة في المختبر.
- التخلُّص من النفايات بصورة صحيحة بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة.

المهارات العلمية:

القياس، الملاحظة، التصميم، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر، ويُفضَّل أنْ تُنفِّذ التجربة وحدك في يوم سابق.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- وضِّح لهم هدف كل خطوة في أثناء التنفيذ، وتأكَّد أنَّهم تمكَّنوا من جمع الضوء الصادر بعد اختراقه المنشور على اللوحة البيضاء، وأنَّهم دوَّنوا ملاحظاتهم ومشاهداتهم.

تنبيه:

الفت انتباه الطلبة إلى احتمال عدم ظهور الطيف في بداية التجربة؛ ما يُحتِّم عليهم تعديل موقع الموشور بالنسبة إلى مصدر الأشعة حتى يظهر الطيف بصورة واضحة.

توجيه:

وظِّف نتائج هذه التجربة في تعريف الطلبة بالطيف المتصل والطيف المنفصل. اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى ورقة العمل الخاصة بالتجربة الاستهلالية في كتاب الانشطة والتجارب العملية.

استراتيجية التقويم: المعتمد على الأداء.

أداة التقويم: سُلَّم تقدير.

الرقم	المعيار	التقدير			
		1	2	3	4
1	يعمل شقا طوليا منتظما ومناسبا.				
2	يقدر المسافة بين المنشور واللوحة البيضاء ومصدر الضوء بشكل جيد.				
3	يضبط زاوية سقوط الأشعة على المنشوربشكل يسمح بتجميعها.				
4	يسجل ملاحظته بشكل منظم.				
5	يصف النتائج التي يتوصل اليها بالاستناد إلى أسس علمية.				

الدرسُ 1

نظرية بور لذّرَّة الهيدروجين
The Bohr Theory of the Hydrogen Atom

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

اكتب على اللوح الفكرة الرئيسة، ثم وضِّح للطلبة أنَّ اكتشاف بِنية الذَّرَّة وتركيبها تطوَّر عبر سلسلة طويلة من الدراسات والأبحاث، تضافرت خلالها جهود العديد من علماء الفيزياء والكيمياء، ومن أبرز هؤلاء العلماء الفيزيائي نيلز بور الذي درس ذَرَّة الهيدروجين وطيفها الذَّرِّي. وهذا يشير إلى وجود عديدٍ من الفرضيات والنماذج حاولت تفسير بِنية الذَّرَّة وتركيبها.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- ذكِّر الطلبة بالنماذج التي درسوها عن تركيب الذَّرَّة وبِنيتها، ثم اطلب إلى بعضهم رسم نماذج على اللوح لكلٍّ من النماذج الآتية، مُوضِّحين سبب رفضها:

نموذج ثامبسون، نموذج دالتون، نموذج رذرفورد.

- وضِّح للطلبة أنَّ هذه النماذج لم تتمكَّن من تفسير بِنية الذَّرَّة وتركيبها وخصائصها، إلى أنِ اكتُشِفت ظاهرة التأثير الكهروضوئي التي فتحت الباب على مصراعيه لدراسة الضوء، وتعرُّف طبيعته، ودوره في تعرُّف تركيب الذَّرَّة وتوزيع الإلكترونات فيها؛ ما أدّى إلى ظهور نماذج ونظريات جديدة حاولت تفسير بِنية الذَّرَّة، مثل: نظرية بور، والنموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة.

2 التدريس

◄ المناقشة:

أخبِر الطلبة أنَّ الضوء هو المصدر الرئيس للمعلومات الحديثة عن بِنية الذَّرَّة وتركيبها، وأنَّهم سيتعرَّفون في هذا الدرس الضوءَ، وأهم خصائصه (التردُّد، وطول الموجة)، ودوره في اكتشاف مُكوِّنات الذَّرَّة.

◄ بناء المفهوم

الطيف الكهرومغناطيسي

هو مدى واسع من الأمواج أو الأشعة التي تسير في الفضاء بسرعة ثابتة تساوي (3×10^8 m/s)، مثل: ضوء الشمس، والأشعة السينية، وأمواج الراديو والميكروويف؛ وهو يضم الأمواج الضوئية بجميع أطوالها الموجية.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

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

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

أستكشفُ الذرَّةَ، ومراحلَ تطوُّرِها.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ Electromagnetic Spectrum.

الطيفُ المتصلُ Continuous 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.

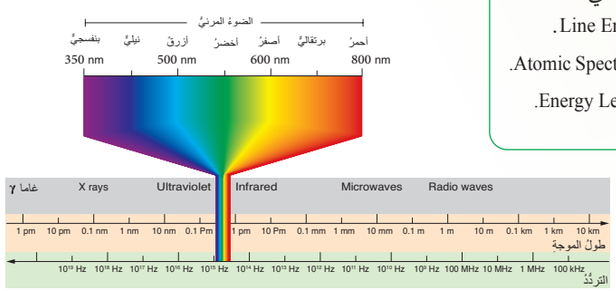
الضوءُ مصدرُ معلوماتٍ عنِ الذرَّةِ
Light Provides Information About The Atom

يُعَدُّ الضوءُ المصدرَ الرئيسَ للمعلوماتِ التي استندَتْ إليْها النظرياتُ الحديثةُ في تفسيرِ بِنيةِ 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 Electromagnetic Spectrum. والشكلُ (1) يُبيِّنُ الأطوالَ الموجيةَ والتردُّداتِ المُختلفةَ للطيفِ الكهرومغناطيسيِّ.



الشكلُ (1): الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1)، وتحديد مُكوِّنات الطيف الكهرومغناطيسي، ثم اسألهم:

– هل يوجد للأمواج الضوئية جميعها ألوان يُمكِن تمييزها؟

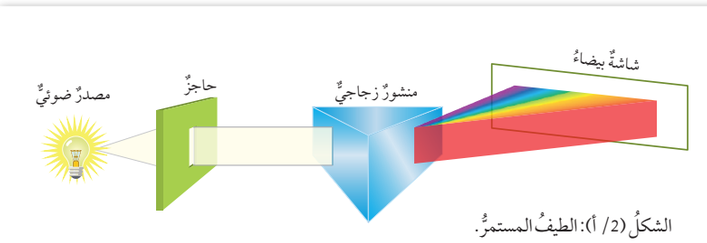
لا؛ إذ توجد حزمة ضيقة من الأمواج لها ألوان يُمكِن تمييزها، في ما يُعرَف بالطيف المرئي. ويتراوح الطول الموجي لمنطقة الطيف المرئي بين 350 نانومتر و800 نانومتر. أمّا الكثير منها فلا يُمكِن تمييزه بالعين، في ما يُعرَف بالطيف غير المرئي.

ينقسمُ الطيفُ الكهرومغناطيسيُّ إلى قسمَيْنِ، 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 المستمرِّ Continuous Spectrum كما في الشكلِ (2/ أ). منَ الأمثلةِ على الطيفِ المرئيِّ قوسُ المطرِ الذي يظهرُ في السماءِ نتيجةَ تشتتِ حبّاتِ المطرِ لضوءِ الشمسِ كما في الشكلِ (2/ ب).

الشكلُ (2/ ب): قوسُ المطرِ.

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



الشكلُ (2/ أ): الطيفُ المستمرُّ.

أُفسِّرُ سببَ تشتُّتِ الضوءِ بعدَ خروجِهِ منَ المنشورِ.

11

إجابة سؤال الشكل (2/أ):

عندما ينتقل الضوء بين وسطين مختلفين في الكثافة (مثل: الماء، والهواء)، فإنَّ الأطوال الموجية المختلفة تنكسر (تنحرف) عن مسارها بزوايا مختلفة، بناءً على تردُّد الإشعاع الضوئي وطوله؛ لذا يتشتَّت الضوء بعد خروجه من المنشور.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2/ أ)، ثم مقارنة شكل الطيف بنتائج تجربة الطيف الذَّرِّي.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– هل تختلف نتائج التجربة عن نتائج تحليل الضوء العادي الظاهرة في الشكل؟

لا، لا تختلف؛ إذ تتوافق نتائج هذه التجربة مع صورة الطيف الظاهر في الشكل.

- أخبِر الطلبة أنَّ الطيف المتصل (أو المستمر) الذي يقع في منطقة الضوء المرئي هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي.
- اطلب إلى الطلبة إجابة السؤال الوارد أسفل الشكل (2/ أ).
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى وجود علاقة بين تحلل الضوء وانكساره عند انتقاله بين وسطين مختلفين في الكثافة (تشتت الضوء) وألوان قوس المطر الظاهر في الشكل (2/ ب)، الذي يتكوَّن نتيجة انكسار الضوء عندما يمر بقطرات الماء المنتشرة في الهواء.

◄ مناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– هل يُمكِنك رؤية الأمواج التي تصل إلى هاتفك الخلوي أو إلى التلفاز، وتنقل إليك الصور والمعلومات؟

ناقش اجابات الطلبة ، ثم بين لهم انه لا يُمكِن رؤية هذه الأمواج؛ لأنَّها غير مرئية.

- أخبِر الطلبة أنَّه توجد أنواع عِدَّة من الأمواج الضوئية غير المرئية التي تستخدم في الجهاز الخلوي والتلفاز والراديو والميكروويف، وأنَّها جزء من الأمواج الضوئية التي تُمثِّل الضوء غير المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، الذي يقع تحت الأشعة الحمراء وفوق الأشعة البنفسجية للمنطقة المرئية من الطيف، حيث يزيد طولها على 800 نانومتر، ويقل عن 350 نانومتر في الشكل (1).

- وضِّح للطلبة أهمية دراسات بلانك وآينشتاين التي تناولت الضوء وطبيعته المزدوجة (موجية – مادية). وكذلك مفهوم الكم أو الفوتون وعلاقته بالذَّرَّة، مُبيِّنًا لهم علاقة طاقة الفوتون بتردُّده ورمزه (نيو ν).
- اكتب على اللوح تلك العلاقة، مُبيِّنًا للطلبة رموزها.
- وضِّح للطلبة العلاقة العكسية بين تردُّد الفوتون وطول موجته ورمزه (ليمدا λ).
- اكتب على السبورة تلك العلاقة، مُبيِّنًا للطلبة رموزها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3)، ثم اسألهم:
  - أين تبدأ الموجة التي في الشكل؟
  - أين تنتهي هذه الموجة؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُبيِّنًا لهم نقطة بداية الموجة ونهايتها على الشكل.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - مِمَّ تتكوَّن الموجة؟

  تتكوَّن الموجة من قمَّة وقاع متتاليين.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما المقصود بطول الموجة؟

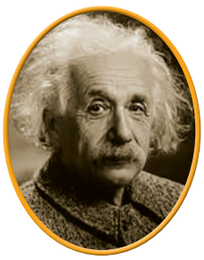
  طول الموجة: المسافة بين قمَّتين متتاليتين أو قاعين متتاليين.
- وضِّح للطلبة أنَّ طول الموجة يقاس بالمتر، أو بأجزاء من المتر، مثل النانومتر الذي يساوي (10^{-9}) متر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (4) لتعرُّف تردُّد الموجة، ثم اسألهم:
  - ما عدد الأمواج في الجزء العلوي والجزء السفلي من الشكل؟
  - ما عدد الموجات التي تمر بنقطة مُحدَّدة في الزمن نفسه؟
- استمِع لإجابات الطلبة كلها، مُؤكِّدًا الإجابة الصحيحة عن طريق عَدِّ الأمواج في كل جزء من الرسم.
- أخبر الطلبة أنَّ التردُّد هو عدد الموجات التي تَعْبر نقطة مُحدَّدة خلال وحدة الزمن، وأنَّ وحدة قياسه هي الهيرتز (Hz)، وأنَّه يُمكِن قياسه بالكيلوهيرتز (KHz) الذي يساوي (10^3) هيرتز، أو بالميغاهيرتز (MHz) الذي يساوي (10^6) هيرتز.

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

العالِمُ ماكس بلانك.



العالِمُ ألبرت آينشتاين.

$$E = h\nu$$

حيثُ:

E: طاقةُ الفوتونِ.

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

ν: تردُّدُ الضوءِ.

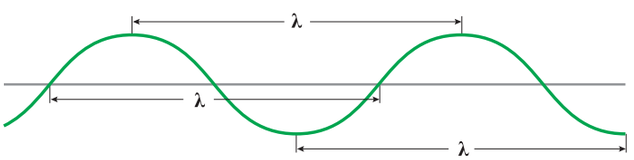
أثبتَتِ الدراساتُ الفيزيائيةُ أنَّ تردُّدَ الضوءِ يتناسبُ عكسيًّا معَ طولِ موجتِهِ، وأنَّهُ يُمكِنُ التعبيرُ عنْ ذلكَ بالعلاقةِ الآتيةِ:

$$c = \lambda\nu$$

حيثُ:

C: سرعةُ الضوءِ، وتساوي (3×10^8 m\s).

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



الشكلُ (3): طولُ الموجةِ.

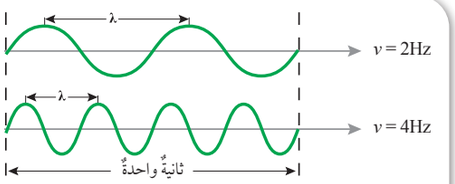
القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** التفكير: التحليل**

وضّح للطلبة عند استكشاف العلاقة بين طول الموجة وترددها في الشكل (4) أهمية التحليل؛ إذ يُعدّ التحليل مهارة مهمة يمكن توظيفها في الكثير من الأمور الحياتية. تُستخدم هذه المهارة في تحليل الرسوم والأشكال والمسائل والنتائج والبيانات المتعلقة في موضوع ما للوصول إلى المعرفة واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة. للمفهوم أو القضية المراد دراستها.

نشاط سريع **مفهوم طول الموجة:**

استخدم نابض الأمواج لتشكيل أمواج مختلفة، بتحريك النابض على سطح الأرض يمينًا ويسارًا؛ بُغْيَةَ توضيح مفهوم طول الموجة للطلبة.



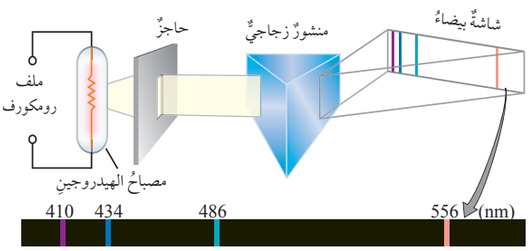
الشكلُ (4): التردُّدُ، وعلاقتُهُ بطولِ الموجةِ.

أُقارِنُ: أيُّهُما أكبرُ: طولُ الموجةِ الأولى أمْ طولُ الموجةِ الثانيةِ؟

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

الطيفُ الذرِّيُّ Atomic Spectrum

لاحظَ العلماءُ أنَّ ذرّاتِ العنصرِ تكتسبُ طاقةً عندَ تسخينِها، فتصبحُ في حالةِ عدمِ استقرارٍ، في ما يُعرَفُ باسمِ الذرّاتِ المثارةِ Exited Atoms، وأنَّ الذرَّةَ لا تعودُ إلى حالةِ الاستقرارِ إلّا بعدَ فقدِها 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 خاصَّيْنِ بِهِ، في ما يُعرَفُ باسمِ الطيفِ المنفصلِ، أوِ **الطيفِ الخطِّيِّ Line Spectrum**، ويُعرَفُ أيضًا باسمِ **طيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ Line Emission Spectrum**. والشكلُ (5) يُبيِّنُ الطيفَ الخطِّيَّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.



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

إجابة سؤال الشكل (4):

الموجة الأولى هي الأطول.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **الأدلة والبراهين:**

نبِّه الطلبة إلى ضرورة الاستفادة من نتائج التجارب في تأكيد معرفتهم، أو استكشاف معرفة جديدة، وتعزيز استنتاجاتهم بالأدلة والبراهين.

- اطلب إلى الطلبة إجابة السؤال الوارد أسفل الشكل (4).
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الموجة العلوية تتضمَّن موجتين، وأنَّ الموجة السفلية تحوي أربع موجات في الزمن نفسه؛ ما يعني أنَّ تردُّد الموجة العلوية (2Hz)، وتردُّد الموجة السفلية (4Hz)؛ ذلك أنَّ طول الموجة في الجزء العلوي أكبر منه في الجزء السفلي، وهذا يعني أنَّها ذات تردُّد أقل.

◄ بناء المفهوم:

الذَّرَّة المثارة.

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما الذي قد يحدث للذَّرَّة في حال اكتسبت كمية الطاقة؟

عند تعرُّض الذَّرَّة للطاقة، فإنَّ إلكتروناتها تكتسب هذه الطاقة، ثم تنتقل من المستوى الموجودة فيه إلى مستويات أعلى من الطاقة أبعد عن النواة.

– هل تكون الذَّرَّة أكثر استقرارًا في حالة الطاقة العليا أم الطاقة الدنيا؟

تكون الذَّرَّة أكثر استقرارًا في حالة الطاقة الدنيا. وعند تعرُّض ذَرّات العنصر للحرارة، فإنَّها تمتص الطاقة عن طريق إلكتروناتها؛ ما يؤدي إلى انتقالها (أو بعضها) إلى مستويات أعلى من الطاقة، ويجعل الذَّرَّة في حالة عدم استقرار، فتوصف الذَّرَّة بأنَّها مثارة.

- وضِّح للطلبة أنَّ هذه الإلكترونات لا تستقر في المستويات التي انتقلت إليها في الذَّرَّة المثارة، وأنَّها تبدأ العودة إلى حالة الاستقرار في مستوياتها الأصلية فاقدةً كميات الطاقة التي امتصتها على شكل أمواج ضوئية، بعضها مرئي، وبعضها الآخر غير مرئي، في ما يُعرَف بالطيف الذَّرِّي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة طيف الانبعاث الخطي لذَرَّة الهيدروجين في الشكل (5).
- وضِّح لهم أنَّ هذا الطيف يُسمّى طيف الانبعاث الخطي لذَرَّة الهيدروجين، وأنَّ لكل ذَرَّة طيف انبعاث خاصًّا بها يُميِّزها عن غيرها من الذَّرّات، ويختلف باختلاف تركيب الذَّرَّة ومستويات الطاقة فيها.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– للذَّرَّة طيف انبعاث، فهل لها أيضًا طيف امتصاص؟

نعم، لكل ذَرَّة طيف امتصاص.

–كيف يظهر طيف امتصاص الذرة؟

يظهر هذا الطيف على شكل خطوط معتمة في الطيف المرئي بمواقع الطول الموجي الذي امتصته الذَّرَّة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (6)، ثم المقارنة بين طيف الامتصاص وطيف الانبعاث لذَرَّة الليثيوم، ثم مقارنة ذلك بالطيف المرئي.
- وضِّح للطلبة أنَّ الخطوط السوداء أو المعتمة الظاهرة في مطابقة طيف الامتصاص لذَرَّة الليثيوم بالطيف المرئي تُمثِّل الأطوال الموجية (الألوان) التي امتصتها ذَرّات الليثيوم، وأنَّه عند مقارنة ذلك بطيف الانبعاث لذَرَّة الليثيوم يتبيَّن أنَّ الأطوال الموجية المتصة تطابق تلك التي في طيف الانبعاث للذَّرَّة. وهذا يعني أنَّ الأطوال الموجية التي تمتصها الذَّرَّة هي الأطوال الموجية المنبعثة نفسها.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

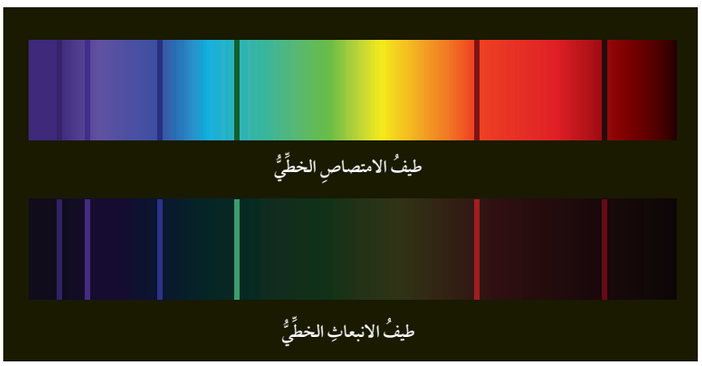
يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الطيف الذَّرِّي يتكوَّن فقط من الأطوال الموجية التي تظهر من تحليل الضوء الصادر عن الذَّرّات المثارة في منطقة الضوء المرئي. والحقيقة أنَّ الطيف الذَّرِّي يتكوَّن من عِدَّة أطوال موجية صادرة عن الذَّرَّة التي تقع في منطقة الضوء المرئي وغير المرئي، غير أنَّ ما يُمكِن تمييزه بالعين هو جزء من الأمواج يظهر في منطقة الضوء المرئي. أمّا الأطوال الموجية الأُخرى فيُمكِن تعرُّفها عن طريق تأثيرها في الألواح الفوتوغرافية مثل ألواح صورالأشعة.

أفكّرُ

بسبب اختلاف تركيب الذَّرَّة وبِنيتها من عنصر إلى آخر، واختلاف عدد البروتونات، ومستويات الطاقة، وكيفية توزيع الإلكترونات فيها.

عندَ تحوُّلِ ذرّاتِ العنصرِ إلى ذرّاتٍ مثارةٍ، فإنَّها تكتسبُ طاقةً على شكلِ إشعاعاتٍ ذاتِ ترددّاتٍ 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 بطيفِ الانبعاثِ للعنصرِ نفسِهِ يُمكِنُ التنبُّؤُ بها؛ فهيَ تُشْبِهُ طيفَ الانبعاثِ للعنصرِ نفسِهِ منْ حيثُ الترددُّاتُ، والأطوالُ الموجيةُ، ولكنَّها تكونُ على شكلِ خطوطٍ معتمةٍ، في حينِ تكونُ خطوطُ طيفِ الانبعاثِ على شكلِ خطوطٍ مضيئةٍ ملونةٍ. ويُمثِّلُ الشكلُ (6) مقارنةً بينَ طيفِ الامتصاصِ الخطِّيِّ وطيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ لذرّاتِ عنصرِ الليثيومِ.

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.



الشكلُ (6): مقارنةُ طيفِ الامتصاصِ بطيفِ الانبعاثِ الخطِّيِّ لذرّاتِ عنصرِ الليثيومِ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: التأمُّل والتساؤل.**

وجِّه الطلبة إلى تأمُّل الأشكال والرسوم والصور؛ لاستنتاج المعرفة، واستكشاف العلاقات بين المفاهيم المختلفة، مُبيِّنًا لهم أنَّ التساؤلات هي أساس استكشاف المعرفة.

✓ **أتحقَّقُ:** الطيف المتصل ينتج من تحليل الضوء العادي أو ضوء الشمس خلال منشور زجاجي على شكل حزمة من الأشعة الملونة المتتابعة من دون ظهور حدود فاصلة واضحة بينها. أمّا الطيف المنفصل فينتج من تحليل الضوء الصادر عن الذَّرّات المثارة، مثل ضوء مصباح الصوديوم، أو ضوء مصباح الهيدروجين، ويظهر على شكل عدد من الخطوط الملونة المتباعدة، التي يمتاز كلٌّ منها بطول موجة، وتردُّد خاص به.

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

أفكِّرُ: لماذا يختـلفُ الطيـفُ الذرِّيُّ منْ عنصرٍ إلى آخرَ؟

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

التجربةُ 1

اختلافُ طيفِ الانبعاثِ للفلزّاتِ المُختلفةِ

الموادُّ والأدواتُ: كلوريدُ الصوديوم، كلوريدُ الليثيوم، كلوريدُ البوتاسيوم، كلوريدُ الكالسيوم، 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 الثِّقابِ أو الولّاعةِ قبلَ فتحِ غازِ بنسن.
- عدمُ لمسِ حمضِ الهيدروكلوريكِ، أو استنشاقِ بخارِهِ.

خطواتُ العملِ:

1- أضعُ في كلِّ زجاجةِ ساعةٍ كميَّةً قليلةً منْ أحدِ الأملاحِ.

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- **ألاحِظُ:** أضعُ سلكَ البلاتينِ على اللهبِ لحرقِ الملحِ. ما لونُ الطيفِ الذي أُشاهِدُهُ؟ أُدوِّنُ إجابتي في جدولٍ.

6- **أُطبِّقُ** الخطواتِ السابقةَ على جميعِ الأملاحِ الأُخرى التي وردَ ذكرُها آنفًا، مُدوِّنًا 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 المُختلفةِ؟

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. نعم، يختلف.
2. كلَّما أصبح لون الطيف مائلًا إلى اللون الأزرق كانت طاقته أعلى.
3. ستتنوَّع إجابات الطلبة، وتتعدَّد، ويُمكِن قبول إجاباتهم الآتية:
اختلاف تركيب الذَّرّات، اختلاف أعدادها الذَّرِّية، اختلاف عدد إلكتروناتها، اختلاف طاقة المستويات، أو مستويات الطاقة فيها.

التجربة 1

الهدف: تمييز الأطياف الذَّرِّية لبعض العناصر.

زمن التنفيذ: 15 دقيقة.

إرشادات السلامة:

- اتباع إرشادات السلامة العامة في المختبر.
- إشعال عود الثِّقاب أو الولّاعة قبل فتح غاز بنسن.
- عدم لمس حمض الهيدروكلوريك، أو استنشاق بخاره.

المهارات العلمية:

التمييز، الملاحظة، الاستنتاج.

المواد البديلة:

أعواد التنظيف القطنية للأذن إذا لم يتوافر سلك بلاتين.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر، ويُفضَّل أنْ تُنفِّذ التجربة وحدك في يوم سابق.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- وضِّح لهم هدف كل خطوة في أثناء التنفيذ، مُبيِّنًا أنَّه يجب تحديد اللون عند بداية الاحتراق، وتأكَّد أنَّهم لاحظوا لون اللهب بدقة، ودوَّنوه. اطلب إلى الطلبة الرجوع إى ورقة عمل التجربة في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.

صيغة الملح	NaCl	LiCl	KCl	$CaCl_2$	CuCl
الفلز	Na	Li	K	Ca	Cu (l)
لون طيف الفلز	أصفر	أحمر وردي	بنفسجي باهت	برتقالي	ازرق

استراتيجية التقويم: الملاحظة

أداة التقويم: قائمة الرصد

الرقم	معايير الأداء	نعم	لا
1	يأخذ كميات مناسبة من الاملاح.		
2	ينظف سلك البلاتين بالحمض والماء بعد كل استخدام.		
3	يميز لون الاحتراق لكل عنصر.		
4	ينظم النتائج التي يتوصل اليها.		
5	يفسر النتائج بالاستناد الى اسس علمية.		

◄ مناقشة:

- وضح للطلبة أهم النماذج التي حاولت تفسير بِنية الذَّرَّة وتركيبها، ثم اسألهم:

– ما أهم فروض نظرية رذرفورد؟

- لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة، وذكِّرهم بفروض نظرية رذرفورد، ثم اسألهم:

–ما سبب فشل نظرية رذرفورد؟

– ناقِش الطلبة في سبب فشل نظرية رذرفورد، بحسب قوانين الفيزياء، مُبيِّنًا لهم تعارضها مع ثبات الذَّرَّة وبقائها.

- وضِّح للطلبة أنَّ ما توصَّل إليه العالِمان بلانك وآينشتاين عن الطبيعة المزدوجة للضوء، وانبعاث الطاقة من الذَّرَّة في صورة فوتونات؛ يُمثِّل الأساس الذي بنى عليه العالِم نيلز بور فرضيته؛ إذ تمكَّن من تفسير طيف الانبعاث لذَرَّة الهيدروجين، وحساب طاقة الإشعاع المنبعث منها، وحساب طاقة المستويات فيها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (7)، ثم اطلب إليهم تحديد طاقة كل مستوى في ذَرَّة الهيدروجين.
- ناقِش الطلبة في إجاباتهم لاستنتاج الافتراض الأول لنظرية بور لذَرَّة الهيدروجين، مُبيِّنًا لهم العلاقة التي يُمكِن بها حساب طاقة المستوى في هذه الذَّرَّة.
- اطلب إلى الطلبة إجابة السؤال الوارد أسفل الشكل (7).
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها.

◄ مناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– كيف يُمكِن نقل الإلكترون من المستوى الأول إلى مستوى آخر في ذَرَّة الهيدروجين؟

– استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّه يُمكِن نقل الإلكترون من المستوى الموجود فيه إلى مستوى طاقة أعلى إذا أكسبناه طاقة لتصبح طاقته مساوية لطاقة المستوى الذي سينتقل إليه. وفي المقابل، فإنَّه سيفقد طاقة إذا انتقل من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل، مُبيِّنًا لهم أنَّ هذا هو مضمون الفرض الثاني في ذَرَّة نظرية بور.

فرضيات نظرية بور Bohr's Postulates Theory

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

أسهمَتِ القوانينُ والنظرياتُ الفيزيائيةُ في 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؛ فالذرَّاتُ باقيةٌ لا تتهدَّمُ.

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

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

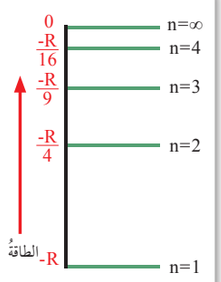
يُمكِنُ إيجادُ طاقةِ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ باستخدامِ العلاقةِ الآتيةِ:

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

حيثُ:

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

n: رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ.



الشكلُ (7): مستوياتُ الطاقةِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

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

إجابة سؤال الشكل (7):

كلَّما زاد رقم المستوى الرئيس (n) زادت طاقته، وأصبحت المستويات أكثر قربًا من بعضها، وقلَّ فرق الطاقة بينها.

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن نظرية بور لذرة الهيدروجين، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

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

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

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

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

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

العالِمُ نيلز بور.

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

حيثُ:

n_2: المستوى الذي انتقلَ إليْهِ الإلكترونُ.

n_1: المستوى الذي انتقلَ منْهُ الإلكترونُ.

وبتعويضِ طاقةِ المستوى في العلاقةِ السابقةِ، فإنَّ:

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

يُمكِنُ إعادةُ ترتيبِ هذهِ العلاقةِ 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.

طريقة أُخرى للتدريس

استراتيجية التدريس التعلم التعاوني (العمل في مجموعات)

- جهز ورقة عمل مرسوم فيها سلم منزلي، ورقم درجات السلم تصاعديا، ضمن ورقة العمل مجموعة منظمة من الأسئلة الموجهة مثل:
  - اذا بدأت الصعود الى السلم، ماذا يحدث لطاقة وضعك؟ ولماذا؟
  - عند اي درجة على السلم تكون طاقة وضعك اكبر ما يمكن؟
  - ماذا يحدث لطاقة وضعك عندما تعود الى الدرجة الأولى؟ ما التغير الذي يحدث لطاقة الوضع؟
  - هل يمكنك حساب الفرق في طاقة الوضع بين كل درجتين تنتقل بينهما؟ اقترح علاقة لحساب هذا الفرق.
- قسم الطلبة الى مجموعات، ووزع عليهم ورقة العمل
- اطلب من كل مجموعة مناقشة الأسئلة الواردة في الورقة واجابتها، خلال 10 دقائق.
- اطلب من المجموعات تقديم ملخص حول ما توصلت اليه المجموعة.
- ادر نقاش حول الناتئج وقارب بينها وبين قروض نظرية بور لذرة الهيدروجين.

- وضِّح للطلبة أنَّ فرق الطاقة الناتج من عودة الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل في ذَرَّة الهيدروجين المثارة؛ ينبعث على شكل فوتونات، لكلٍّ منها طاقة وتردُّد خاصان به، وأنَّه يُمكِن حساب طاقة الفوتون (فرق الطاقة) باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

إضاءة للمُعلِّم

يُمكِن حساب طاقة الفوتون باستخدام العلاقة الرياضية الآتية:

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$E_i = \frac{R_H}{n_i^2} \quad ، \quad E_f = \frac{-R_H}{n_f^2}$$

$$\Delta E = \left(-\frac{R_H}{n_f^2}\right) - \left(-\frac{R_H}{n_i^2}\right) = -R_H\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{R_i^2}\right)$$

يُمكِن إعادة ترتيب هذه العلاقة لتصبح على النحو الآتي:

$$\Delta E = -R_H\left(-\frac{1}{n_i^2} + \frac{1}{n_f^2}\right)$$

لتسهيل عملية الحساب، يُمكِن إعادة ترتيب العلاقة لتصبح على النحو الآتي:

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

باعتبار أنَّ:

n_1 : تُمثِّل مستوى الطاقة الأقرب إلى النواة.

n_2 : تُمثِّل مستوى الطاقة الأبعد عن النواة.

بضرب العلاقة في إشارة سالب، تنتج قيم موجبة لمقدار فرق الطاقة، وتصبح العلاقة على النحو الآتي:

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

- وضِّح للطلبة أنَّه يُمكِن حساب طاقة الإشعاع الذي تمتصه ذَرَّة الهيدروجين، أو الإشعاع الصادر عنها عند انتقال الإلكترون بين مستوياتها، باستخدام العلاقة الآتية:

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

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8)، ثم اسألهم:
  -أيُّ الإشعاعات الصادرة عن ذَرَّة الهيدروجين يعطي طيفًا مرئيًّا؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ عودة الإلكترون من المستوى السادس إلى المستوى الأول يحدث في نقلات عِدَّة، يُرافِق كلًّا منها انبعاثات إشعاعية، بعضها يكون في منطقة الضوء المرئي الذي يتراوح طول موجته بين (350) نانومترًا و (800) نانومتر.
- أخبر الطلبة أنَّه يُمكِن معرفة عدد خطوط الطيف المحتملة أو عدد النقلات بحساب مفكوك الفرق بين رقم المستويين اللذين انتقل بينهما الإلكترون. فمثلًا، إذا انتقل الإلكترون من المستوى الرابع إلى المستوى الأول، فإنَّ عدد خطوط الطيف المحتملة يساوي مفكوك الرقم (3)، وهو: 3+2+1=6

- ناقِش الطلبة في المثال (1)، ثم حُلَّ المثال الآتي:

مثال إضافي: أحسُبُ طاقة المستوى الثالث في ذَرَّة الهيدروجين.

تحليل المسألة: المستوى الثالث أي: $n=3$،

المطلوب: طاقة حساب المستوى.

$$E_n = \frac{-R_H}{n^2} = -\frac{2.18 \times 10^{-18}}{3^2} = -0.242 \times 10^{-18}\ J$$

✓ أتحقَّقُ:

السؤال (1):

طاقة المستوى الأول (n=1):

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

$$E_1 = \left(-\frac{2.18 \times 10^{-18}}{1^2}\right) = -2.18 \times 10^{-18}\ J$$

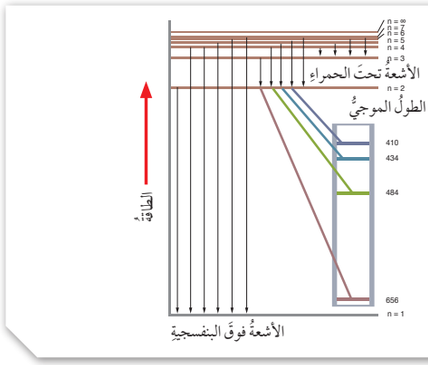
طاقة المستوى الثاني (n=2):

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

$$E_2 = \left(-\frac{2.18 \times 10^{-18}}{2^2}\right) = -0.545 \times 10^{-18}\ J$$

طاقة مستوى اللانهاية ($n = \infty$):

$$E_\infty = \left(-\frac{2.18 \times 10^{-18}}{\infty^2}\right) = \text{صفرًا}$$



الشكلُ (8):
خطوطُ الطيفِ المُنبعِثةُ منْ ذرَّةِ الهيدروجينِ.

يُبيِّنُ الشكلُ (8) خطوطَ الطيفِ الناتجةَ عندَ عودةِ الإلكترونِ منَ المستوى السادسِ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ، ويُلاحَظُ أنَّ بعضَ هذهِ الخطوطِ تقعُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ، وأنَّ بعضَها الآخرَ يقعُ في منطقةِ الطيفِ غيرِ المرئيِّ، تبعًا لطاقتِهِ، وطولِ موجتِهِ.

✓ أتحقَّقُ:

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

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

المثالُ 1

أحسُبُ طاقةَ المستوى الرابعِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ.

الحلُّ:

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

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

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

السؤال (2):

التحليل: حالة الاستقرار تعني المستوى الأول. ولحساب تردُّد فوتون الضوء المُنبعِث من ذَرَّة في هذه الحالة، يجب إيجاد فرق الطاقة بين المستويين الرابع والأول، ثم حساب التردُّد باستخدام علاقة بلانك: $\mathbf{(E = h.\ \nu)}$

الحلُّ:

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

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

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

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

حساب التردُّد:

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2.04 \times 10^{-18}\ J}{6.63 \times 10^{-34}\ j.s} = 0.307 \times 10^{16}\ s^{-1}$$

مراجعة الدرس

1 استند بور إلى نتائج دراسات بلانك وآينشتاين عن الضوء التي تمثَّلت في ما يأتي:

أ – للضوء طبيعة مزدوجة (موجية–مادية).

ب– انبعاث الضوء من الذَّرّات في صورة فوتونات ذات طاقة وتردُّد مُحدَّدين.

وقد تضمَّنت فرضيته بندين أساسيين، هما:

- امتلاك الإلكترون مقدارًا مُحدَّدًا من الطاقة، يتحدَّد بالمستوى الموجود فيه.
- تغيُّر طاقة الإلكترون في الذَّرَّة عند انتقاله من مستوى طاقة إلى آخر، على النحو الآتي:

أ– اكتساب الإلكترون مقدارًا مُحدَّدًا من الطاقة، يسمح له بالانتقال إلى مستوى طاقة أعلى.

ب– انبعاث الضوء من الذَّرَّة في صورة وحدات من الطاقة (الكَمّ) عند انتقال الإلكترون الى مستوى طاقة اقل.

2 الطيف المرئي: الضوء الأصفر، الأشعة الزرقاء.

الطيف غير المرئي: الأشعة تحت الحمراء، أمواج الراديو، الأشعة فوق البنفسجية.

3 مجموعة الأمواج الضوئية التي تصدر عن ذَرّات العناصر، ويقع بعضها في منطقة الضوء المرئي، ويقع بعضها الآخر في منطقة الضوء غير المرئي.

4

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2}\right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{25}{9} - \frac{9}{25}\right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{16}{225}\right) = 0.155 \times 10^{-18}\ J$$

5 للوصول إلى استنتاج صحيح، نُطبِّق العلاقات الرياضية المُتعلِّقة بطاقة الإشعاع، ونحسب رقم المستوى المجهول، حيث:

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

$$1.93 \times 10^{-18} = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$\frac{1.93 \times 10^{-18}}{2.18 \times 10^{-18}} = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$0.89 - 1 = -\frac{1}{n^2}$$

$$n^2 = \frac{1}{0.11} = 9 \rightarrow n = 3$$

المثال 2

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

الحلُّ:

$n_1=1$, $n_2=4$

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

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

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

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

مراجعةُ الدرسِ

1 – **الفكرةُ الرئيسةُ:** ما 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:

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

ب– أُحدِّدُ موقعَ هذا الخطِّ ضمنَ طيفِ ذرَّةِ الهيدروجينِ.

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

– ناقِش الطلبة في حلِّ المثال (2) الوارد في كتاب الطالب، ثم شارِكهم حلَّ مثال آخر:

مثالٌ

أحسُبُ طاقة الإشعاع المُنبعِثة من ذرَّة الهيدروجين المثارة عند عودة الإلكترون من المستوى الثالث إلى المستوى الثاني.

التحليل:

$n_2=3$, $n_1=2$

المطلوب:

حساب فرق الطاقة بين المستويين الذي يُمثِّل طاقة الإشعاع الصادر.

الحلُّ:

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

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{5}{36}\right) = 0.04 \times 10^{-18}\ J$$

الدرسُ 2

النموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة
The Wave mechanical model of the atom

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

اقرأ فكرة الدرس الرئيسة، أو اكتبها على اللوح، مُبيِّنًا للطلبة أنَّه يُمكِن وصف الإلكترون وحركته في الذَّرَّة باستخدام أعداد الكمِّ.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- مَهِّد للدرس بمراجعة الطلبة في فروض نظرية بور، والطبيعة المزدوجة للضوء.

2 التدريس

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما جوانب الشكِّ في نظرية بور؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُبيِّنًا أنَّها لم تتمكَّن من تفسير الطيف الذَّرِّي لذَرّات العناصر عديدة الإلكترونات؛ لذا استمر البحث في تركيب الذَّرَّة وسلوكها الكيميائي، وأدّى ذلك إلى اكتشاف العالِم دي برولي طبيعة الإلكترون المزدوجة، فضلًا عمّا توصَّل إليه آيروين شرودنجر عن النموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة، والمعادلة الميكانيكية الموجية (معادلة شرودنجر) التي من خلال حلها نتجت أعداد الكم وأصبح من الممكن وصف موقع الإلكترون في الذرة.

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

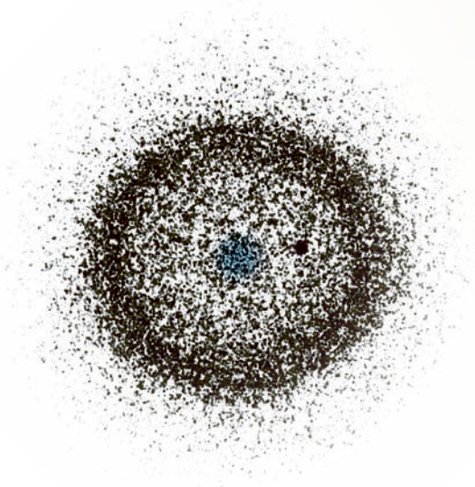
◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
- أستكشفُ الذرَّةَ، ومراحلَ تطوُّرِها.
- أستدلُّ على الصفاتِ المُميِّزةِ للعناصرِ عنْ طريقِ أعدادِ الكَمِّ الأربعةِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
الفَلَكُ Orbital.
المعادلةُ الموجيةُ Wave Equation.
أعدادُ الكَمِّ Quantum Numbers.
مبدأُ الاستبعادِ لباولي Pauli Exclusion Principle.

النظريةُ الميكانيكيةُ الموجيةُ Wave Mechanical Theory

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

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



الشكلُ (9): نموذجٌ للسحابةِ الإلكترونيةِ.

إضاءة للمُعلِّم

بالرغم ممّا توصَّل إليه بور من افتراضات، فإنَّ سلوك الذَّرّات وإلكتروناتها ظلَّ لغزًا مُحيِّرًا للعلماء؛ فلم يكن مفهومًا تمامًا ثبات مستويات الطاقة في نظرية بور وحركة الإلكترونات حول النواة فيها، إلى أنْ تمكَّن العالِم الفيزيائي دي برولي من اكتشاف الطبيعة الموجية المادية للإلكترون؛ ما ساعد على تفسير ثبات طاقة المستويات في الذَّرَّة.

لقد توصَّل هذا العالِم إلى أنَّ للجسيمات المتحركة (مثل الإلكترونات) خصائص موجية؛ فالإلكترون الذي يدور في مسار مُقيَّد دائري له نصف قُطْر ثابت يستطيع أنْ يُصدِر إشعاعات ذوات أطوال موجية وتردُّدات وطاقة معينة؛ ما يشير إلى طبيعة الإكترون المزدوجة كما في فوتونات الضوء. واعتمادًا على الطبيعة الموجية المادية للإكترون في ذَرَّة الهيدروجين، تمكَّن هازنبرج من وضع مبدأ يُسمّى مبدأ الشك، الذي ينص على أنَّه لا يُمكِن تحديد موقع الجسيم المتحرك بدقة في الوقت نفسه. وبناء على ذلك، فإنَّه يستحيل تحديد مسارات ثابتة للإكترون مثل المسارات الدائرية، وإنَّما يُمكِن فقط تحديد المكان الذي يُحتمَل وجود الإلكترون فيه حول النواة، وهو ما أطلق عليه اسم الفَلَك. وتأسيسًا على هذه الاستنتاجات، تمكَّن شرودنجر من اشتقاق معادلة استند فيها إلى طبيعة الإلكترون الموجية، ووضع ما يُسمّى النموذج الميكانيكي الموجي للذَّرَّة.

أعدادُ الكَمِّ Quantum Numbers

عددُ الكَمِّ الرئيسُ (n) Principal Quantum Number

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.

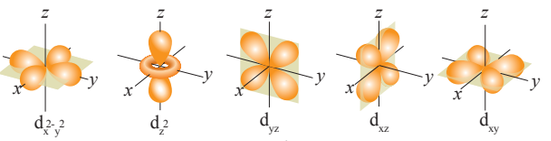
✓ **أتحقَّقُ:** أيُّهُما أكبرُ حجمًا: المستوى (n=3) أمِ المستوى (n=4)؟

عددُ الكَمِّ الفرعيُّ (ℓ) Lateral Quantum Number

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

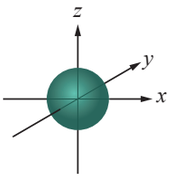
يُذكَرُ أنَّ لمستوياتِ الطاقةِ الفرعيةِ (ℓ) قيمًا تتراوحُ بينَ 0 وَ (n-1)؛ فقيمةُ المستوياتِ الفرعيةِ الآتيةِ هيَ: (s=0)، (p=1)، (d=2)، (f=3).

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

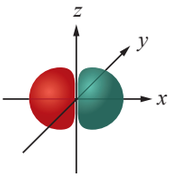


جـ - شكلُ الفَلَكِ (d).

الشكلُ (10): أشكالُ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ.



أ - شكلُ الفَلَكِ (s).



ب - شكلُ الفَلَكِ (p).

◄ تعزيز:

استراتيجية التدريس: استراتيجية جيكسو (مجموعات الخبراء).

- قسم الطبة الى اربع مجموعات (مجموعة الخبراء).
- اطلب من كل مجموعة دراسة واحد من اعداد الكم ومناقشته فيما بينهم لمدة 5دقائق.
- اعد توزيع المجموعات الى مجموعات جديدة بحيث تحتوي المجموعة الجديدة على خبير واحد من المجموعات الاربعة (مجموعة الخبراء).
- اطلب من كل خبير عرض خبرته بعدد الكم الخاص به ومناقشته مع زملائه في المجموعة الجديدة لمدة 20 دقيقة.
- اطلب من الخبراء العودة الى مجموعة الأولى (مجموعة الخبراء) ومناقشة الخبرة الجديدة حول عدد الكم الخاص بالمجموعة. لمدة 5 دقائق.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، واطرح عليهم السؤال التالي: أين تتركز الكثافة النقطية؟ وماذا يعني ذلك؟

– بين لهم ان الكثافة النقطية تتركز حول المركز، وأنَّ أكثر المناطق كثافة تُمثِّل أكثرها احتمالاً لوجود الإلكترون، في ما يُعرَف بالفَلَك.

◄ مناقشة:

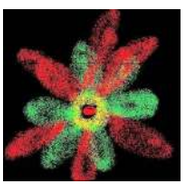
- وجه الى الطلبة السؤال الآتي: ما المقصود بالفلك؟

–ناقش اجابات الطلبة معهم ووضح لهم مفهوم الفَلَك، مُبيِّنًا لهم أنَّ شرودنجر وضع – بحسب هذا المفهوم– معادلة رياضية، يُمكِن باستخدام القيم الناتجة من حلِّها وصف الإلكترون وحركته في الذَّرَّة، وأنَّ هذه القيم تُسمّى أعداد الكم.

– وضِّح للطلبة عدد الكم الرئيس، مُذكِّرًا إيّاهم بمستويات الطاقة في ذَرَّة الهيدروجين، وربطها بعدد الكم الرئيس (n) وخصائصه.

✓ **أتحقَّق:** الأكبر حجمًا هو المستوى الرئيس (n = 4).

إضاءة للمُعلِّم



استطاع شرودنجر بعد سلسلة من الدراسات والأبحاث أنْ يضع معادلة تفاضلية تصف تغيُّر الحالة الموجية المادية للذَّرَّة، وتمكَّن من وصف احتمالية وجود الإلكترون في موقع معين حول النواة ، في ما يُعرَف بمفهوم السحابة الإلكترونية، أو النموذج الميكانيكي الموجي، الذي ينص على أنَّ لكل المواد خصائص مرتبطة بدالَّة موجية. وبناءً على ذلك، يُمكِن تصوُّر الموقع الذي يُحتمَل وجود الإلكترون فيه على شكل سحابة تحيط بالنواة، وكلَّما زادت كثافة هذه السحابة زاد احتمال وجود الإلكترون، وكلَّما قلَّ احتمال وجود الإلكترون قلَّت كثافة السحابة.

يُطلَق على المناطق ذوات الكثافة العليا اسم الأفلاك؛ إذ إنَّها تُعَدُّ أكثر الأماكن احتمالًا لوجود الإلكترون. عند النظر إلى مجموعة الأفلاك في الذَّرَّة (في بُعْد مجسم ثلاثي)، فإنَّ الذَّرَّة تظهر على شكل زهرة، تُمثِّل التفرُّعات الناتجة منها الأفلاك الذَّرِّية.

◄ مناقشة:

قدِّم للطلبة عدد الكم الفرعي، مُبيِّنًا لهم أنَّ كل مستوى رئيس يتألَّف من مستويات فرعية، عددها يساوي عدد الكم الرئيس، ثم اذكر أمثلة على ذلك، مُبيِّنًا الأحرف التي ترمز إلى كل مستوى فرعي منها. بعد ذلك أخبِرهم أنَّ قيم الكم لهذه المستويات تتراوح بين صفر و(n−1)، ثم اسألهم:

- ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الأول، والثاني،...؟

عدد المستويات الفرعية في المستوى الأول واحد، وفي المستوى الثاني اثنان، وهكذا.

- هل تتكرَّر هذه المستويات الفرعية في كل مستوى؟

لا تتكرر، فالمستوى s يتكرَّر في المستويات جميعها، والمستوى(p) يتكرَّر بدأً من المستوى الثاني، والمستوى (d) يتكرَّر بدأً من المستوى الثالث، فكل مستوى يتكرَّر في جميع المستويات التي تلي مستوى ظهوره.

- هل تتغيَّر قيمة عدد الكم الفرعي من مستوى رئيس إلى آخر؟

لا، لا تتغيَّر قيمة عدد الكم الفرعي من مستوى رئيس إلى آخر؛ إذ تظلُّ ثابتة للمستوى الفرعي نفسه في المستويات جميعها.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10/أ)، والشكل (10/ب)، ثم اطلب إليهم تحديد أشكال أفلاك (s)، و(p).
- وضِّح للطلبة أنَّ للفَلَك (s) شكلًا كرويًّا، وأنَّ لكل فَلَك من أفلاك (p) شكل اللانهاية، وبين لهم أنَّ شكل افلاك (d) أكثر تعقيداً من ذلك كما تظهر في الشكل (10/ج).وأنَّ هذه الخاصية للأفلاك مرتبطة بعدد الكم الفرعي.
- ناقِش الطلبة في عدد الكم المعناطيسي ودلالته بالنسبة إلى عدد الأفلاك في كل مستوى فرعي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، ثم اسألهم:

– كيف تتوزَّع أفلاك (p) الثلاثة في الفراغ نسبةً إلى بعضها؟

– بيِّن للطلبة أنَّ كل فَلَك يقع في مستوى، أو اتجاه فراغي مختلف عن الآخر، اعتمادًا على الشكل.

عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ Magnetic Quantum Number (m_ℓ)

يشيرُ عددُ الكَمِّ المغناطيسيُّ إلى أنَّ المستوى الفرعيَّ يتكوَّنُ منْ أفـلاكٍ. فالمستوى الفرعـيُّ (s) يتكـوَّنُ منْ فَـلكٍ واحـدٍ، والمستوى الفرعيُّ (p) يتكـوَّنُ منْ ثـلاثةِ أفلاكٍ مُتعامِدةٍ (p_x ,p_y,p_z)، والمستوى الفرعيُّ (d) يتكوَّنُ منْ خمسةِ أفلاكٍ، في حينِ يتكوَّنُ المستوى الفرعيُّ (f) منْ سبعةِ أفلاكٍ.

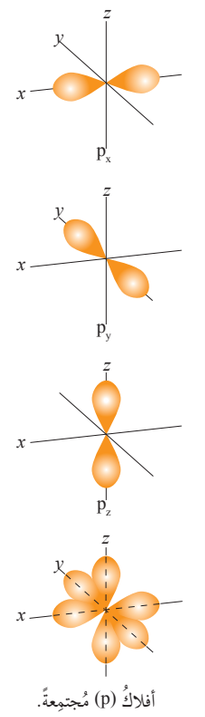
لعددِ الكَمِّ المغناطيسيِّ خاصيةُ تحديدِ الاتجاهِ الفراغيِّ للفَلَكِ؛ فالمستوى الفرعيُّ (p) يتكوَّنُ منْ ثلاثةِ أفلاكٍ مُتماثِلةٍ منْ حيثُ الشكلُ والحجمُ والطاقةُ في المستوى الرئيسِ الواحدِ، ومُختلِفةٍ في اتجاهِ محاورِها (نسبةً إلى بعضِها) حولَ النواةِ. ويُبيِّنُ الشكلُ (11) الاتجاهَ الفراغيَّ لأفلاكِ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

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

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

عددُ الأفلاكِ في المستوى الرئيسِ= n^2.

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



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

أفلاكُ (p) مُجتمِعةً.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– مستعينًا بالشكل (11)، ما وجه الاختلاف والتشابه بين أفلاك المستوى الفرعي p؟

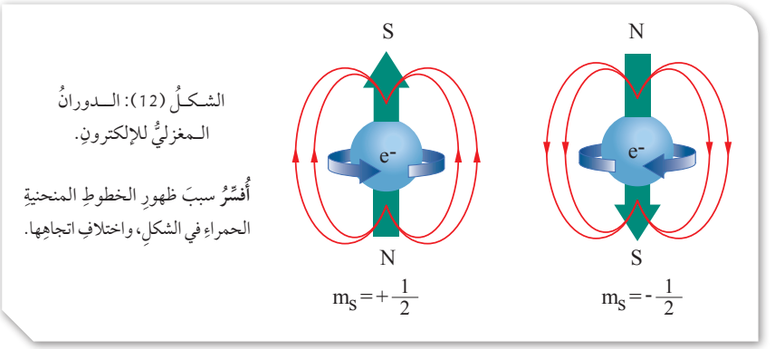
– استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ هذه الأفلاك تتشابه في شكلها، وسعتها، وطاقتها في المستوى الرئيس نفسه، ولكنَّها تختلف في اتجاهها الفراغي؛ فكل فَلَك منها يقع على أحد المحاور الفراغية (x, y ,z).

- وضِّح للطلبة أنَّ حلَّ المعادلة الموجية أظهر أنَّ لعدد الكم المغناطيسي عددًا من القيم يساوي (2ℓ + 1) ، وأنَّ هذه القيم تشير إلى عدد الأفلاك في المستوى الفرعي؛ فالقيمة الكمية للمستوى الفرعي s هي صفر. وبتطبيق قاعدة (2ℓ + 1) ، يتبيَّن أنَّ عدد قيم m ℓ هو 1؛ ما يشير إلى أنَّ الفَلَك (s) يتكوَّن من فَلَك واحد، وأنَّ قيم m ℓ تتراوح بين القيمتين (ℓ - إلى ℓ+)، وأنَّ عدد هذه القيم يُمثِّل عدد الأفلاك لكل مستوى فرعي.

– ناقِش الطلبة في عدد الأفلاك لكل مستوى رئيس لاستنتاج العلاقة بين عدد الأفلاك في المستوى الرئيس ورقمه.

✓ **أتحقَّق:** المستوى الذي يتكوَّن من ثلاث مستويات فرعية هو المستوى الرئيس الثالث؛ لذا، فإنَّ:

عدد الأفلاك = $n^2 = 3^2 = 9$ أفلاك.



الشكلُ (12): الدورانُ المغزليُّ للإلكترونِ.

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

عددُ الكَمِّ المغزليُّ (m_s) Spin Quantum Number

يوجدُ عددُ كَمٍّ رابعٌ، إضافةً إلى أعدادِ الكَمِّ الثلاثةِ الناتجةِ منْ حلِّ معادلةِ شرودنغر، هوَ عددُ الكَمِّ المغزليُّ (m_s)، الذي يشيرُ إلى اتجاهِ دورانِ (أوْ غزلِ) الإلكترونِ؛ إذْ يدورُ الإلكترونُ حولَ نفسِهِ، فضلًا عنْ دورانِهِ حولَ النواةِ. فعندَ وجودِ إلكترونيْنِ في الفَلَكِ نفسِهِ، فإنَّ كلًّا منْهُما سيدورُ حولَ نفسِهِ باتجاهٍ معاكسٍ لدورانِ الإلكترونِ الآخرِ، وينشأُ عنْ ذلكَ تولُّدُ مجاليْنِ مغناطيسييْنِ متعاكسيْنِ في الاتجاهِ، ومتجاذبيْنِ مغناطيسيًّا؛ ما يُقلِّلُ التنافرَ الكهربائيَّ بينَ الإلكترونيْنِ، وهذا يُفسِّرُ سببَ استقرارِ الإلكترونيْنِ في الفَلَكِ نفسِهِ بالرغمِ منْ أنَّهُما يحملانِ الشحنةَ نفسَها. ويُبيِّنُ الشكلُ (12) الدورانَ المغزليَّ للإلكترونِ حولَ نفسِهِ.

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

العالِمُ باولي.

الجدولُ (1): أعدادُ الكَمِّ الأربعةُ لإلكترونيْنِ في الفَلَكِ s.

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

توظيف التكنولوجيا

ابحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع ميكانيكا الكم، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس.

شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams) ، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ مناقشة:

أخبِر الطلبة أنَّه يوجد عدد رابع إضافي، هو عدد الكم المغزلي، الذي لم ينتج من حلِّ معادلة شرودنجر، وإنَّما اكتُشِف لاحقًا، وأُضيف إلى أعداد الكم، مُبيِّنًا أنَّه يشير إلى اتجاه دوران الإلكترون حول نفسه في الفَلَك.

◄ استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، ثم إجابة السؤال المُتعلِّق به.

يرتبط هذا العدد باتجاه دوران الإلكترون حول نفسه في الفَلَك؛ ما يُولِّد مجالًا مغناطيسيًّا مختلفًا لكل إلكترون، وهو ما يُقلِّل من تنافرها، ويزيد التجاذب بينها. وهذا يُفسِّر سبب استقرار إلكترونين متشابهي الشحنة في الفَلَك نفسه؛ لذا، فإنَّ كل إلكترون يأخذ إحدى القيمتين الآتيتين:
(+1\2) ، (+1\2).

إضاءة للمُعلِّم

درس العالِم بيتر زيمان الأطياف الخطية بالتأثير عليها في مجال مغناطيسي، وتوصَّل إلى أنَّ كل خط طيف ينشطر إلى عدد فردي من الخطوط الطيفية الدقيقة، وأنَّ هذه الخطوط تُمثِّل الأفلاك في كل مستوى فرعي. وهذا يشير إلى أنَّ كل مستوى فرعي يتكوَّن من عدد من الأفلاك، وأنَّ ظاهرة انشطار خطوط الطيف تُسمّى تأثير زيمان.

تُعْزى تسمية عدد الكم المغناطيسي إلى أنَّ لكل جسيم مشحون (مثل الإلكترون) عزمًا مغناطيسيًّا إذا كان يدور في دائرة حول نقطة معينة. وقد تبيَّن أنَّ عدد الكم المغناطيسي (m) لقيمة معينة في المستوى الفرعي (ℓ) يُمكِن أنْ يأخذ عددًا من القيم $(2\ell + 1)$.

إجابة سؤال الشكل (12):

يشير ظهور هذه الخطوط المنحنية إلى تولُّد مجال مغناطيسي نتيجة دوران الإلكترون حول نفسه في الفَلَك، علمًا بأنَّ اتجاه خطوط المجال المغناطيسي يرتبط باتجاه حركة دوران الإلكترون، وأنَّ كل إلكترون يدور عكس الآخر؛ ما يُفسِّر سبب اختلاف خطوط المجال في اتجاهاتها أيضًا.

◀ قراءة الجدول(1):

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم مقارنة أعداد الكم لكل إلكترون، وتحديد أوجه التشابه والاختلاف بينها.
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى مبدأ الاستبعاد لباولي، ثم وضِّح لهم هذا المبدأ.

◀ قراءة الجدول(2):

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2)، ثم اسألهم:
  - ما عدد الأفلاك لكلٍّ من المستويات الفرعية: S, P, D, F؟
  - ما السعة القصوى من الإلكترونات في كل مستوى من هذه المستويات؟
  - استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج كيفية حساب سعة المستوى الفرعي.

  سعة المستوى الفرعي= عدد قيم $(\ell) \times 2$
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدولين (1)، و(2)، ثم اطلب إليهم تحديد عدد الإلكترونات التي قد يتسع لها كلٌّ من المستويين الرئيسين الثاني والثالث.

  المستوى الثاني يتسع لـ (8) إلكترونات.

  المستوى الثالث يتسع لـ (18) إلكترونًا.
- ناقِش الطلبة في استنتاجاتهم للتوصُّل إلى العلاقة بين عدد الأفلاك في المستوى الرئيس.

  عدد الأفلاك في المستوى الرئيس= n^2
- استنادًا إلى سعة الفَلك، وهي إلكترونان، توصَّل إلى القاعدة:

  سعة المستوى الرئيس القصوى= $2n^2$

أفكّر

لأنَّ لكل إلكترون اتجاه غزل معاكسًا لاتجاه الإلكترون الآخر؛ ما يُولِّد مجالين مغناطيسيين متعاكسين، فيزداد تجاذب الإلكترونين، ويقلُّ التنافر بينهما؛ ما يسمح بوجودهما في الفَلك نفسه بالرغم من تشابه شحنتيهما.

الجدولُ (2): السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي تستوعبُها أفلاكُ المستوى الفرعيِّ.

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

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

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

أفكّر لماذا يوجدُ الإلكترونانِ في الفَلكِ نفسِهِ بالرغمِ منْ أنَّهُما يحملانِ الشحنةَ نفسَها؟

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

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

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

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

معلومة إضافية

عدد الكم المغزلي لم يكن نتيجةً لمعادلة شرودنجر؛ ذلك أنَّ العزم المغزلي للإلكترون لم يكن معروفًا وقتئذٍ؛ إذ اكتُشِف لاحقًا عندما لاحظ العلماء أنَّ خطوط أطياف الذَّرّات (مثل ذَرَّة الهيليوم التي يحتوي فَلكها على إلكترونين) تتكوَّن من خطين متجاورين، وفسَّروا ذلك بأنَّ لكل إلكترون منها اتجاهًا أو عزم دوران معاكسًا للآخر. وبناءً على ذلك، أُدخِلت بعض التعديلات على معادلة شرودنجر، وتفسير هذه الظاهرة، فضلًا عن إضافة هذا العدد وتطبيقه على ذَرّات أكثر تعقيدًا من ذَرَّة الهيدروجين أو ذَرَّة الهيليوم.

✓ **أتحقَّق:**

- يدل عدد الكم الرئيس على مستوى الطاقة الرئيس.
- يدل عدد الكم الفرعي على عدد المستويات الفرعية في المستوى الرئيس.
- يدل عدد الكم المغناطيسي على عدد الأفلاك في المستوى الفرعي.
- يدل عدد الكم المغزلي على اتجاه دوران الإلكترون حول نفسه في الفَلك.

مراجعة الدرس

مراجعةُ الدرسِ

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

2- أُحدِّدُ الخاصيةَ التي يشيرُ إليْها كلُّ عددٍ منْ أعدادِ الكَمِّ: الرئيسِ، والمغناطيسيِّ.

3- أتوقَّعُ عددَ المستوياتِ الفرعيةِ في المستوى الرئيسِ الرابعِ.

4- أُحدِّدُ عددَ أفلاكِ المستوى الفرعيِّ (d).

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

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

7- **أُفكِّرُ:** هلْ يُمكِنُ لفَلكٍ ما في الذرَّةِ أنْ يتَّخِذَ أعدادَ الكَمِّ الآتيةَ؟ أُعزِّزُ إجابتي بالدليلِ.

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

1 **الفكرة الرئيسة:**

عدد الكم الرئيس: عدد ينتج من حلِّ معادلة شرودنجر، ويدل على مستوى الطاقة الرئيس للإلكترون، ويرتبط بحجم الفَلك، ومعدل بُعْده عن النواة (نصف قُطْره).

عدد الكم الفرعي: عدد ينتج من حلِّ معادلة شرودنجر، ويدل على عدد المستويات الفرعية الموجودة في مستوى الطاقة الريئس، ويرتبط بشكل الفَلك.

عدد الكم المغناطيسي: عدد ينتج من حلِّ معادلة شرودنجر، ويدل على عدد الأفلاك في المستوى الفرعي، ويرتبط بالاتجاه الفراغي لها.

عدد الكم المغزلي: عدد اكتُشِف لاحقًا، وأُضيف إلى أعداد الكم. وهو يدل على وجود مجال مغناطيسي للإلكترون نتيجة دورانه حول نفسه في الفَلك، ويرتبط باتجاه غزل الإلكترون في الفَلك.

2 **عدد الكم الرئيس:** حجم الفَلك، ومعدل نصف قُطْره.

عدد الكم المغناطيسي: الاتجاه الفراغي للفَلك.

3 عدد المستويات الفرعية للمستوى (n = 4)

= قيمة n = 4

4 عدد الأفلاك في المستوى الفرعي (d)= 2 ℓ + 1

وبما أنَّ ℓ =2 للمستوى d ، فإنَّ عدد الأفلاك هو:

2 × 2 + 1 =5

5 السعة القصوى للمستوى الرئيس (n) = $2n^2$

$2 \times 4^2 = 32$

6 لأنَّ الإلكترون الثالث سيأخذ أعداد الكم نفسها لأحد الإلكترونين في الفَلك؛ أيْ سيكون له اتجاه غزل مشابه لأحد الإلكترونين في الفَلك؛ ما سيُولِّد مجالًا مغناطيسيًّا مشابهًا لأحد المجالين، فيزداد تنافر هذا الإلكترون مع أحد الإلكترونات في الفَلك، ويبتعد مغادرًا الفَلك.

7 لا، لا يُمكِنه ذلك؛ لأنَّ المستوى الرئيس الثالث يحوي ثلاثة مستويات فرعية (ℓ)، فتأخذ القيمة الكمية (2)، حيث تكـــون قيم عدد الكـــم المغناطيسي ($m\ell$) لها: (+2, +1, 0, -1, -2)؛ فلا يجوز أنْ تكون إحدى قيم عدد الكم المغناطيسي($m\ell$) = 4

الخلايا الكهروضوئيةُ
Photoelectric Cells

الهدف

يوضح عمل الخلايا الكهروضوئية ودورها في توليد الطاقة الكهربائية من اشعة الشمس.

ارشادات وإجراءات:

- قسم الطلبة إلى مجموعات واطلب إلى كل مجموعة قراءة ومناقشة الإثراء والتوسع فيما بينهم.
- اطرح الأسئلة الآتية على الطلبة، واطلب منهم مناقشتها فيما بينهم والاجابة عليها:

– ما المقصود بالطاقة المتجددة؟

الطاقة التي يتم انتاجها من مصادر طبيعية لا تنضب بل متجددة، مثل الشمس، الماء، الرياح.

– هل يوجد مشاريع لإنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة في الأردن؟ وما سبب لجوء الاردن لمثل هذه المشاريع؟

نعم هناك عدة مشاريع في أنحاء مختلفة من الأردن مثل مشاريع الطاقة المُتجدِّدة، التي تعتمد على الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وسبب اللجوء الى هذه المشاريع نقص موارد الأردن من الطاقة، وكُلفِها المتزايدة على المُواطن والدولة، وضرورة إيجاد بدائل لمصادر الطاقة غير المُتجدِّدة في الأردن.

– مما تصنع الالواح الشمسية؟

مواد شبه موصلة مثل السيليكون والجيرمانيوم.

– ما المبدأ التي تقوم عليه الية عمل الخلية الشمسية؟

يعتمد مبدأ عمل الخلية الشمسية على ظاهرة التأثير الكهروضوئي.

- اطلب من الطلبة عمل رسوم توضح آلية عمل الألواح الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية، ثم تبادل الرسوم، وتدوين ملاحظاتهم عليها.
- ناقش الطلبة في ملاحظاتهم حول الرسوم وتوصل معهم الى الية عمل الالواح الشمسية.

الخلايا الكهروضوئيةُ Photoelectric Cells

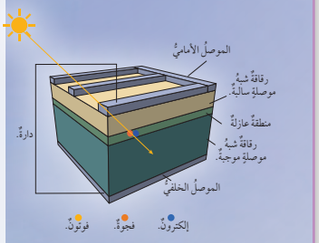
يتزايدُ الطلبُ العالميُّ على الطاقةِ بوتيرةٍ متسارعةٍ نتيجةَ الانفجارِ السكانيِّ والتقدُّمِ التكنولوجيِّ؛ ما يُحتِّمُ على الدولِ أنْ تبحثَ عنْ مصادرَ جديدةٍ للطاقةِ أقلَّ تكلفةٍ. وقدْ تركَّزَ الاهتمامُ على مصادرِ الطاقةِ المُتجدِّدةِ بوصفِها بديلًا مناسبًا لتلكِ الآخِذَةِ بالنفادِ، مثلِ: النفطِ، والغازِ،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

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 للتيارِ الكهربائيِّ، مثلِ: السليكون، والجيرمانيوم الذي تُصنَعُ منْهُ الرقائقُ والألواحُ المُكوِّنةُ للخليةِ الكهروضوئيةِ. ويُبيِّنُ الشكلُ المجاورُ تركيبَ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

تمتصُّ الألواحُ المُكوِّنةُ للخليةِ فوتوناتِ الضوءِ الساقطةَ عليْها؛ ما يُحفِّزُها إلى إطلاقِ الإلكتروناتِ، في ما يُعرَفُ بظاهرةِ التأثيرِ الكهروضوئيِّ، فتتجهُ هذهِ الإلكتروناتُ نحوَ قطبِ الخليةِ السالبِ، في حينِ تتحرَّكُ الأيوناتُ الموجبةُ الناتجةُ إلى طبقةٍ داخليةٍ تُسمّى الفجواتِ الموجبةَ، ثمَّ تتحرَّكُ الإلكتروناتُ منَ القطبِ السالبِ خلالَ 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) وَ (72) على التوالي، أوْ على التوازي.

مشروعُ الطاقةِ في الأردنِّ الأكبرُ إقليميًّا.



تركيبُ الخليةِ الكهروضوئيةِ.

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

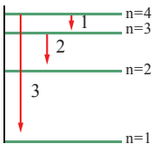
أبحث:

وجِّه الطلبة إلى دراسة قضية البحث باستخدام الكلمات المفتاحية (الطاقة المُتجدِّدة، الخلايا الكهروضوئية، عمل الخلايا الكهروضوئية)، ثم كتابة تقرير (أو إعداد عرض تقديمي) عن الموضوع، ثم مناقشتهم فيه.

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

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

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



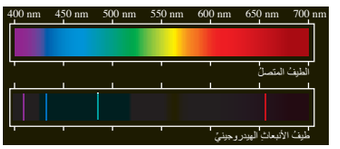
أ . أَجِدُ طاقةَ الإشعاعِ التي يُمثِّلُها الرقمُ (2).

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

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

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

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



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

ب. أُحدِّدُ موقعَ هذا الخطِّ ولونَهُ ضمنَ الطيفِ المرئيِّ لذرَّةِ الهيدروجين.

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

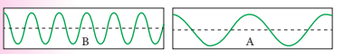
*7. تستخدمُ الإذاعةُ الأردنيةُ موجاتٍ عِدَّةً ذاتَ تردُّداتٍ مُتباينةٍ في بثِّها المُوجَّهِ إلى مناطقَ مختلفةٍ في الأردنِّ، ومناطقَ واسعةٍ في مُختلفِ أنحاءِ العالَمِ. ومنْ هذهِ التردُّداتِ:

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

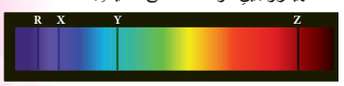
أ . أَجِدُ الطولَ الموجيَّ لكلِّ تردُّدٍ.

ب. أَجِدُ طاقةَ الفوتونِ المحتملةَ لكلِّ تردُّدٍ.

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



*8. يهتمُّ علمُ الفَلَكِ بتحليلِ طيفِ الضوءِ الصادرِ عنِ النجومِ لتعرُّفِ مُكوِّناتِها؛ إذْ تظهرُ خطوطُ الامتصاصِ الخطيِّ معتمةً نتيجةَ امتصاصِ الأطوالِ الموجيةِ بواسطةِ الذرّاتِ والجسيماتِ المُعلَّقةِ في جوِّ النجمِ. وبتحليلِ هذهِ الخطوطِ يُمكنُ 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:

أ . الطولَ الموجيَّ الأقصرَ.

ب. الطولَ الموجيَّ الأطولَ.

جـ. التردُّدَ الأعلى.

د . أقلَّ طاقةٍ.

9. ذرَّةُ هيدروجينَ مثارةٌ في مستوًى مجهولٍ، يتطلَّبُ تحويلُها إلى أيونٍ موجبٍ أنْ تُزوَّدَ بكميةٍ منَ الطاقةِ مقدارُها ($0.11\ R_H$) جول. ما رقمُ المستوى الذي يوجدُ فيهِ الإلكترونُ؟

1. الطيف الكهرومغناطيسي: جميع الأطوال الموجية التي يتكوَّن منها الضوء.

طيف الانبعاث الخطي: مجموعة من الأطوال الموجية للضوء الصادر عن ذرّات العنصر المثارة عند عودة الإلكترون فيها إلى حالة الاستقرار.

الطيف المتصل: مجموعة الأطوال الموجية التي تظهر في صورة مجموعة من الألوان المتتابعة المتداخلة (قوس المطر) التي يتكوَّن منها الضوء العادي.

الفوتون: جسيمات مادية متناهية في الصغر، تُمثِّل الوحدات الأساسية المُكوِّنة للضوء، ويحمل كلٌّ منها مقدارًا مُحدَّدًا من الطاقة. وهي تُعبِّر عن الطبيعة المُزدوَجة (موجية–مادية) للضوء.

2. لأنَّه عند إثارة ذَرَّة الهيدروجين، فإنَّها سرعان ما تعود إلى حالة الاستقرار، وتفقد الطاقة بكميات مُحدَّدة، بناءً على فرق الطاقة بين المستويين الذي انتقل الإلكترون بينهما.

3. أ) طاقة الإشعاع (2) تُمثِّل فرق الطاقة بين المستويين الثالث والثاني.

$n_1 = 1$ ، $n_2 = 3$

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

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)$$

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{9}{36} - \frac{4}{36} \right)$$

$$= 3 \times 10^{-18}\ J$$

ب) يُمكِن حساب طول الموجة لهذا الإشعاع ومقارنته بالطول الموجي لمنطقة الضوء المرئي؛ لذا تُحسَب أولًا طاقة الإشعاع، ثم يُحسَب تردُّده، وطول موجته، حيث:

$n_2 = 4$ ، $n_1 = 1$

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

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

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

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{15}{16} - \frac{4}{36} \right)$$

$$= 2.04 \times 10^{-18}\ J$$

$$\Delta E = h.\ \nu$$

$$2.04 \times 10^{-18} = 6.63 \times 10^{-34} \times \nu$$

$$V = \left(- \frac{2.18 \times 10^{-18}}{6.63 \times 10^{-34}} \right)$$

$$= 0.3 \times 10^{16}\ Hz$$

$$C = \lambda . V$$

$$\lambda = \left(- \frac{3 \times 10^{8}\ m/s}{0.3 \times 10^{16}\ s^{-1}} \right)$$

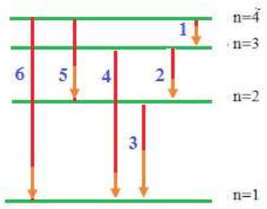
$$= 0.3 \times 10^{-8}\ m$$

وبتحويل طول الموجة إلى وحدة نانومتر (بالضرب في (109، يتبيَّن أنَّ طول الموجة هو 3nm ، وأنَّه يقع خارج منطقة الضوء المرئي.

جـ) يمكن حساب عدد خطوط الطيف لذَرَّة مثارة بحساب مفكول العدد الذي يُمثِّل الفرق بين الرقم الأعلى مستوى للطاقة والرقم الأدنى مستوى للطاقة، وينتقل بينهما الإلكترون، وهما:

4-1= 3 =1+2+3 = 6 خطوط.

يُمكِن أيضًا إيجاد ذلك بالرسم.



4. لاحِظ أنَّ: $n_1 = 2$ ، $n_2 = 4$

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

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

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

$$\Delta E = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{3}{16} \right)$$

$$= 0.41 \times 10^{-18} \text{ J}$$

5. أ)

$n_2 = ??$ ، $n_1 = 2$

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

$$0.21\ R_H = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$0.21 = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$0.21 - 0.25 = - \frac{1}{n^2}$$

$$-0.04 = - \frac{1}{n^2}$$

$$n^2 = \frac{1}{0.04} = 25$$

$$\sqrt{n^2} = \sqrt{25}$$

$n = 25$

ب) بناءً على الشكل(8-1) الذي يُمثِّل خطوط طيف ذَرَّة الهيدروجين، يتبيَّن أنَّه يقع في منطقة الضوء المرئي، وأنَّ لون الخط أزرق.

10. إذا كانَ طولُ موجةِ الإشعاعِ المُرافِقِ لعودةِ الإلكترونِ منْ مستوًى بعيدٍ إلى المستوى الأولِ في ذرَّةِ الهيدروجينِ هوَ (121) نانومترًا، فأَجِدُ:
   أ . طاقةَ هذا الإشعاعِ.
   ب. رقمَ المستوى الأعلى الذي عادَ منْهُ الإلكترونُ.
11. عددُ الكمِّ الرئيسُ لإلكترونِ (n= 3):
   أ . ما عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ؟
   ب. ما عددُ الأفلاكِ في هذا المستوى؟
   جـ. ما السعةُ القصوى منَ الإلكتروناتِ التي يُمكِنُ أنْ يستوعبَها هذا المستوى؟
   د . ما قيمُ أعدادِ الكمِّ الفرعيةِ (ℓ)؟
12. أستنتجُ رمزَ المستوى الفرعيِّ ذي القيمِ الكَمِّيَّةِ المُبيَّنةِ في كلٍّ منَ الحالتيْنِ الآتيتيْنِ:
   أ . n= 2 ،ℓ= 0؟
   ب. n= 4 ،ℓ= 1؟
13. **أضعُ دائرةً حولَ رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلِّ جملةٍ ممّا يأتي:**

1. النموذجُ أوِ الافتراضُ الذي يشيرُ إلى وجودِ خصائصَ موجيةٍ للإلكترونِ هوَ:
   أ . آراءُ بلانك وآينشتاين. ب. نموذجُ رذرفورد.
   جـ. النموذجُ الميكانيكيُّ الموجيُّ. د . نموذجُ بور.
2. الفكرةُ التي قدَّمَها بور عنِ الذرَّةِ هيَ:
   أ . لكلِّ فَلَكٍ حجمٌ، وشكلٌ، واتجاهٌ خاصٌّ بهِ.
   ب . طاقةُ الإلكترونِ لا تتغيَّرُ ما لمْ يُغادِرْ مستواهُ.
   جـ. للضوءِ طبيعةٌ مزدوجةٌ (ماديةٌ- موجيةٌ).
   د . لكلِّ مستوًى سعةٌ مُحدَّدةٌ منَ الإلكتروناتِ.
3. الخاصيةُ الفيزيائيةُ المُرتبطةُ بعددِ الكمِّ الفرعيِّ هيَ:
   أ . مُعدَّلُ البُعْدِ عنِ النواةِ. ب. الشكلُ العامُّ للفَلَكِ.
   جـ. الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ. د . اتجاهُ الغزلِ.
4. لا تتماثلُ أفلاكُ (p) الثلاثةُ ضمنَ المستوى الرئيسِ الواحدِ نفسِهِ في إحدى الخصائصِ الآتيةِ:
   أ . الاتجاهُ الفراغيُّ. ب. الشكلُ.
   جـ. الطاقةُ. د . السعةُ منَ الإلكتروناتِ.
5. عددُ الأفلاكِ الكليُّ في المستوى الرئيسِ الثالثِ (n= 3) هوَ:
   أ . (3) أفلاكٍ. ب. (6) أفلاكٍ.
   جـ. (9) أفلاكٍ. د . (18) فَلَكًا.
6. أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي قدْ توجدُ في المستوى الرئيسِ الخامسِ (n= 5) هوَ:
   أ . (5) إلكتروناتٍ. ب. (10) إلكتروناتٍ.
   جـ. (25) إلكترونًا. د . (50) إلكترونًا.
7. يتحدَّدُ الاتجاهُ الفراغيُّ للفَلَكِ بعددِ الكمِّ:
   أ . الرئيسِ. ب. الفرعيِّ.
   جـ. المغناطيسيِّ. د . المغزليِّ.
8. عندَ امتصاصِ الذرَّةِ للطاقةِ تنتقلُ الإلكتروناتُ إلى مستوياتِ طاقةٍ أبعدَ عنِ النواةِ، فينشأُ ما يُسمّى:
   أ . التفريغَ الكهربائيَّ. ب. الذرَّةَ المثارةَ.
   جـ. عمليةَ التأيُّنِ. د . الطيفَ الذرِّيَّ.
9. أقصى عددٍ منَ الإلكتروناتِ يستوعبُهُ المستوى الفرعيُّ (4f) هوَ:
   أ . إلكترونانِ. ب. (10) إلكتروناتٍ.
   جـ. (6) إلكتروناتٍ. د . (14) إلكترونًا.
10. الرمزُ الذي يتعارضُ معَ مبدأِ باولي هوَ:
   أ . $(4d^{12})$. ب. $(3s^1)$.
   جـ. $(2p^5)$. د . $(4f^{12})$.
11. عددُ المستوياتِ الفرعيةِ المحتملةِ لوجودِ إلكترونٍ في المستوى الثالثِ هوَ:
   أ . (3) مستوياتٍ. ب. (9) مستوياتٍ.
   جـ. (12) مستوًى. د . (16) مستوًى.

6. لاحِظ أنَّ:
$n_1 = 2$ ، $n_2 = 5$

تُطبَّق العلاقات من دون التعويض بقيمة RH كما يأتي:

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

$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$\Delta E = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right)$$

$$\Delta E = R_H \left(\frac{21}{100} \right) = 0.21\ R_H \text{ J}$$

7. أ) حساب طول الموجة الأولى (FM): تردُّد الموجة مقيس بالميغاهيرتز (MHz)؛ لذا يجب تحويل الميغاهيرتز إلى هيرتز، بالضرب في 10^6،

حيث: $1MHz = 10^6\ Hz$

$V=90 \times 10^6 = 9 \times 10^7\ Hz$

$C = \lambda.V$

$$\lambda = \left(\frac{3 \times 10^8\ m/s}{9 \times 10^7\ s^{-1}} \right)$$

$$= 3.3 \times 10^{-2}\ m$$

حساب طول الموجة الثانية (AM):

تردُّد الموجة مقيس بالكيلوهيرتز(KHz)؛ لذا يجب تحويل الكيلوهيرتز إلى هيرتز، بالضرب في :10^3

حيث: $1KHz = 10^3\ Hz$

$V=1035 \times 10^3 = 1.035 \times 10^6\ Hz$

$C = \lambda.V$

$$\lambda = \left(\frac{3 \times 10^8\ m/s}{1.035 \times 10^7\ s^{-1}} \right)$$

$$= 2.9 \times 10^2\ m$$

ب) طاقة الفوتون الأول (موجة FM):

$E=h.V$

$E=6.63\times10^{-34}\ j.s \times 9 \times 10^7\ s^{-1} = 5.967 \times 10^{-26}\ j$

طاقة الفوتون الثاني (موجة AM):

$E = 6.63\times10^{-34}\ j.s \times 1.035 \times 10^6\ s^{-1}$

$=6.86 \times 10^{-28}\ j$

جـ) الموجة (FM) هي أقصر الموجات، ويُمثِّلها النموذج (B).

8. أ) الطول الموجي الأقصر: A.

ب) الطول الموجي الأطول:D .

جـ) التردُّد الأعلى:A .

د) أقل طاقة: D.

9. لتحويل الذَّرَّة إلى أيون موجب، يجب نقل الإلكترون إلى مستوى اللانهاية، حيث لا يخضع لجذب الذَّرَّة؛ أيْ إنَّ الذَّرَّة تفقد هذا الإلكترون؛ ما يعني أنَّ:

$\mathbf{n_1}$= ؟؟؟ ، $\mathbf{n_2}$= لا نهاية

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

$$0.11\ R_H = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{\infty^2} \right)$$

$$0.11 = \left(\frac{1}{n^2} \right)$$

$$n^2 = \frac{1}{0.11} = 9$$

$$n = 3$$

10. طول موجة الإشعاع: 121nm ، وهو مقيس بالنانومتر؛ لذا يُحسَب طول الموجة بالمتر، حيث:

$1m = 10^{9} nm$

ولذلك يُضرَب طول الموجة في 10^{-9}:

$\lambda = 121 \times 10^{-9} = 1.21 \times 10^{-7} m$

أ) لحساب طاقة الإشعاع، يُحسَب تردُّد الموجة، ثم طاقة الإشعاع كما يأتي:

$$C = \lambda . V$$

$$\lambda = \left(\frac{3 \times 10^{8} m/s}{1.21 \times 10^{-7} m} \right)$$

$$= 0.247 \times 10^{16} \ s^{-1}$$

$$E = h.V$$

$$E = 6.63 \times 10^{-34} j.s \times 0.247 \times 10^{16} s^{-1} = 1.64 \times 10^{-18} j$$

11. لاحِظ أنَّ:

$n_2 = ??$ ، $n_1 = 1$

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

$$1.64 \times 10^{-18} = 2.18 \times 10^{-18} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$0.75 = 1 - \frac{1}{n^2}$$

$$0.75 = -1 = - \frac{1}{n^2}$$

$$0.25 = \frac{1}{n^2}$$

$$n^2 = \frac{1}{0.25} = 4$$

$$\sqrt{n^2} = \sqrt{4}$$

$$n = 2$$

12. أ) عدد المستويات الفرعية المحتملة: 3

ب) عدد الأفلاك في هذا المستوى: $^{2}n = 3^2 = 9$

جـ) السعة القصوى من الإلكترونات ($^{2}n2$): $3^2 \times 2 = 18$ إلكترونًا.

د) قيم أعداد الكم الفرعية (ℓ) : 0 , 1 , 2

هـ) 2S

و) 4P

رقم الفقرة:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
رمز الإجابة الصحيحة:	C	b	b	a	c	d	C	b	d	a	a

الوحدة الثانية: التوزيع الإلكتروني والدورية
Electron Configuration and Periodicity

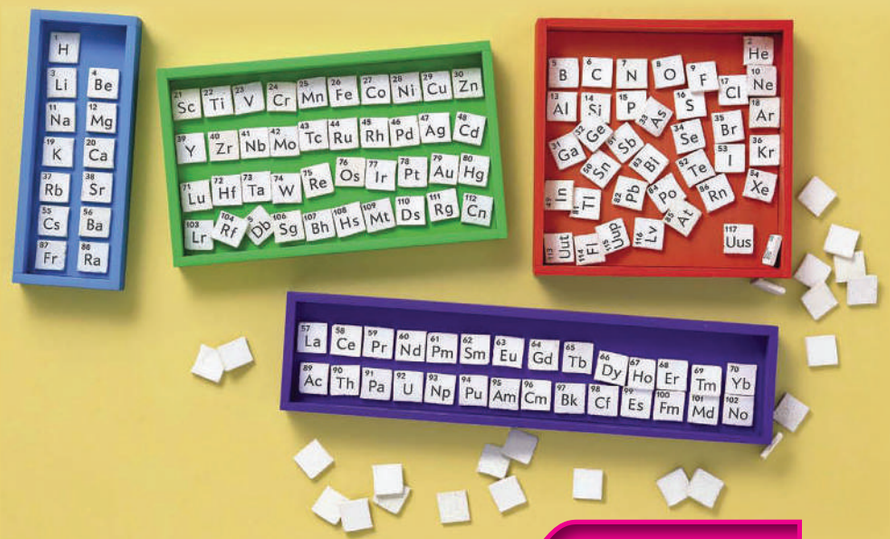
تجربة استهلالية: نمذجة التوزيع الإلكتروني.

الدرس	نتاجات التعلُّم	التجارب والأنشطة	عدد الحصص
الأول: التوزيع الإلكتروني للذَّرّات.	• يكتب التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر. • يُحدِّد الصفات المميزة للعناصر بحسب توزيعها. • يُوضِّح العلاقة بين موقع العنصر وخصائصه وصفاته.		3
الثاني: الخصائص الدورية للعناصر.	• يتنبأ بدورية الصفات لعناصر الدورة والمجموعة في الجدول الدوري.	○ الاتجاهات الدورية في الحجوم الأيونية.	3

النتاجات السابقة واللاحقة المُتعلِّقة بالوحدة الثانية: التوزيع الإلكتروني والدورية

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يتعرَّف الجدول الدوري كوعاء لترتيب العناصر. • يكتب التوزيع الإلكتروني لذَرّات بعض العناصر. • يُحدِّد موقع العنصر في الجدول الدوري تبعًا للتوزيع الإلكتروني لذَرَّته. • يُدرِك أنَّ العناصر مرتبة في الجدول الدوري أفقيًّا بحسب تزايد عددها الذَّرِّي. • يُدرِك العلاقة بين خصائص العناصر ومواقعها في الجدول الدوري.	الثامن	• يُوضِّح مفهوم تهجين الأفلاك، ومبررات حدوثه. • يستقصي العلاقة بين شكل الجزيء ونوع تهجين أفلاك الذَّرَّة المركزية. • يُوظِّف التركيب الإلكتروني لذَرَّة الكربون في فهم وتفسير تنوع مركباته.	الحادي عشر
• يكتب التوزيع الإلكتروني لذَرّات بعض العناصر في المجموعات المختلفة. • يستنتج ترتيب وخصائص العناصر في الجدول الدوري ضمن الدورة والمجموعة الواحدة. • يستقصي السلوك الكيميائي للعناصر في المجموعات (1A, 2A, 7A, 8A) • بالاعتماد على توزيعها الإلكتروني. • يستخدم الجدول الدوري للتنبُّؤ ببعض خصائص العناصر (الحجم والنشاط الكيميائي).	التاسع		الثاني عشر

التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ
Electron Configuration and Periodicity



أتأمّلُ الصورةَ

تترتَّبُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ في دوراتٍ ومجموعاتٍ وفقَ صفاتٍ مُحدَّدةٍ. فهلْ للتوزيعِ الإلكترونيِّ أثرٌ في هذا الترتيبِ؟ ما الصفاتُ الدوريةُ للعناصرِ؟ هلْ يُؤثِّرُ موقعُ العنصرِ في صفاتِهِ الدوريةِ؟

الوحدةُ 2

التوزيعُ الإلكترونيُّ والدوريةُ
Electron Configuration and Periodicity

أتأمَّل الصورة

- وجِّه الطلبة إلى تأمُّل صورة الوحدة، ثم إجابة الأسئلة المُتعلِّقة بها.
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها، مُوضِّحًا لهم ما يأتي:

– هل للتوزيع الالكتروني أثر في ترتيب العناصر في الجدول الدوري؟

تترتب العناصر في الجدول الدوري وفقًا للتوزيع الإلكتروني للعناصر.

– ما الصفات الدورية للعناصر؟

للعناصر صفات دورية عديدة، منها: الحجم الذَّرِّي، وطاقة التأين، والسالبية الكهربائية.

– هل يُؤثِّر موقع العنصر في صفاته الدورية؟

نعم.

الفكرة العامة:

- مَهِّد للوحدة بالحديث عن الجدول الدوري الحديث، ثم اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - ما الأسس التي اعتُمِدت في ترتيب العناصر بالجدول الدوري؟

صُنِّفت العناصر في الجدول الدوري بناءً على عدد من الخواص الفيزيائية والكيميائية المشتركة؛ إذ يقسم الجدول الدوري إلى فلزات، وأشباه فلزات، ولافلزات، علمًا بأنَّ الترتيب الحالي لعناصر الجدول الدوري مرَّ بمراحل عِدَّة حتى ظهر بصورته النهائية.

الفكرةُ العامةُ:

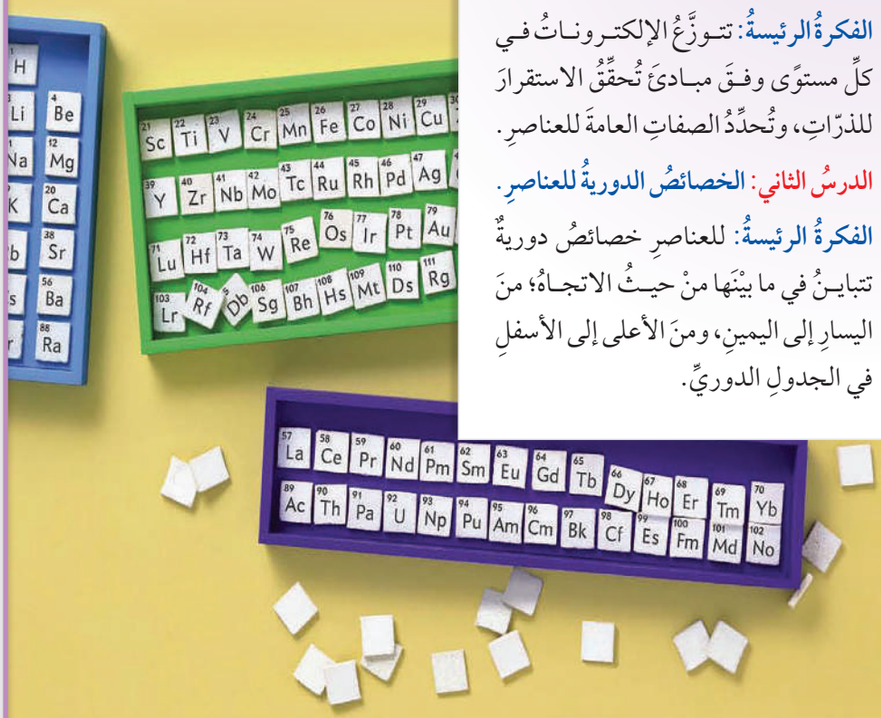
لكلِّ ذرَّةٍ تركيبٌ خاصٌّ بها يُحدِّدُ خصائصَها الفيزيائيةَ والكيميائيةَ.

الدرسُ الأولُ: التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ.

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

الدرسُ الثاني: الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ.

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



مشروع الوحدة:

- **تصميم جدول دوري إلكتروني**
- اقترح على الطلبة تصميم جدول دوري إلكتروني باستخدام برمجية Excel sheet، والبحث عن بيانات كل عنصر باستخدام أداة البحث find.
- نبِّه الطلبة إلى أنَّ تقييم المُنتَج سيعتمد على دقة البيانات، وجاذبية التصميم.

المدة الزمنية لإجراء التجربة 15 دقيقة

الهدف:

نمذجة التوزيع الإلكتروني لعدد من العناصر.

المهارات العملية:

الاستقصاء، الملاحظة، التصميم، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- اطلب إلى الطلبة تصفُّح ورقة العمل.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة، وتدوين ملاحظاتهم عليها.
- تجوَّل بين أفراد المجموعات مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- وجِّه الطلبة إلى الالتزام بإجراءات الأمان والسلامة في المختبر، والتخلُّص من النفايات بصورة صحيحة بعد انتهاء التجربة.

النتائج المتوقعة:

توصُّل الطلبة إلى أنَّ الإلكترونات تتوزَّع في مستويات طاقة مختلفة، وأنَّ إلكترونات المستوى الأخير تتصف بعدد من الصفات الكيميائية للعنصر، وأنَّ مجموع عدد الإلكترونات مساوٍ للعدد الذَّرِّي للعنصر.

التحليل والاستنتاج:

1. العدد الذَّرِّي للعنصر.
2. رقم المجموعة الذي يوجد فيه العنصر يساوي عدد إلكترونات التكافؤ.
3. رقم الدورة الذي يوجد فيه العنصر يساوي عدد المستويات الرئيسة.
4. يُحدَّد موقع العنصر عن طريق عدد المستويات الرئيسة، وعدد إلكترونات التكافؤ.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

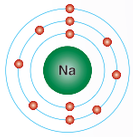
* **المهارات الحياتية: الابتكار**

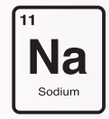
وجه الطلبة إلى أن الابتكار هو المقدرة على تطوير فكرة أو عمل. يرتكز الابتكار على التصميم.

نمذجةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ

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

خطواتُ العملِ:





1. مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ، أُصمِّمُ وزملائي بطاقاتٍ تعريفيةً للعناصرِ بحسبِ العددِ الذرِّيِّ منْ (١) إلى (٢٠) كما في الشكلِ.
2. أغرسُ الدبابيسَ في موقعِ الإلكتروناتِ على بطاقةِ العنصرِ، وأُميِّزُ إلكتروناتِ التكافؤِ بلونٍ مختلفٍ في كلِّ عنصرٍ.
3. أُدَوِّنُ لكلِّ عنصرٍ عددَ المستوياتِ الرئيسةِ، وعددَ إلكتروناتِ التكافؤِ.
4. أُعِدُّ أنا وزملائي لوحةً جداريةً أُلصِقُ عليْها البطاقاتِ وفقَ ترتيبٍ مشابهٍ لترتيبِها في الجدولِ الدوريِّ.
5. أُلاحِظُ العلاقةَ بينَ رقمِ المستوى الرئيسِ وسعتِهِ منَ الإلكتروناتِ.
6. أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ ورقمِ دورةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.
7. أستنتجُ العلاقةَ بينَ عددِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ ورقمِ مجموعةِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1- ما الأسسُ التي اعتُمِدَ عليْها في ترتيبِ البطاقاتِ؟

.....

2- ما العلاقةُ بينَ رقمِ مجموعةِ العنصرِ وعددِ إلكتروناتِ مستوى الطاقةِ الخارجيِّ في ذرَّتِهِ؟

.....

3- ما العلاقةُ بينَ دورةِ العنصرِ وعددِ المستوياتِ الرئيسةِ للطاقةِ في ذرَّتِهِ؟

.....

4- كيفَ يُمكِنُ تحديدُ موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ؟

.....

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

الرقم	المعيار	التقدير			
		4	3	2	1
1	يُوزِّع الإلكترونات بصورة صحيحة بناءً على بطاقة التعريف الخاصة بالذَّرّات.				
2	يُدوِّن ملاحظاته بصورة منظمة.				
3	يعرض النتائج التي يتوصَّل إليها بصورة صحيحة.				
4	يصف النتائج التي يتوَّصل إليها استنادًا إلى أسس علمية.				
5	يُحدِّد موقع العنصر من خلال عدد المستويات الرئيسة				
6	يُحدِّد موقع العنصر عن طريق عدد إلكترونات التكافؤ.				

الدرسُ 1

التوزيعُ الإلكترونيُّ للذرّاتِ
Electronic Configuration

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- مهِّد للدرس بالحديث عن التوزيع الإلكتروني في مستويات الطاقة الرئيسة، مُبيِّنًا أنَّ التوزيع يتم وفق قواعد وأسس مُحدَّدة تتيح للذَّرَّة الوصول إلى الحدِّ الأدنى من الطاقة، وأنَّ أهم هذه القواعد ما درسه الطلبة في الوحدة السابقة (مبدأ الاستبعاد لباولي).
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما القواعد الأخرى التي تَحْكُمُ التوزيع الصحيح للإلكترونات؟

مبدا أوفباو، وقاعدة هوند، ومبدأ الاستبعاد لباولي.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- راجع الطلبة في مستويات الطاقة الرئيسة والفرعية في الذَّرَّة وسعتها من الإلكترونات، ثم اطلب إليهم توزيع الإلكترونات على المستويات الرئيسة للعنصر $_{11}Na$. 2,8,1
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما السعة القصوى من الإلكترونات لكلٍّ من: المستوى الرئيس الثاني، والمستوى الرئيس الثالث، والمستويات الفرعية (s , p , d)؟

السعة القصوى للمستوى الثاني 8 إلكترونات، والسعة القصوى للمستوى الثالث 18 إلكترونًا. أمّا المستوى الفرعي s فسعته القصوى إلكترونان، والمستوى الفرعي P سعته القصوى 16 إلكترونًا، والمستوى الفرعي d سعته القصوى 10 إلكترونات.

- اطلب إلى الطلبة المقارنة بين سعة المستوى الرئيس الثالث وسعة الأفلاك الموجودة في المستويات الفرعية (s , p , d)، ثم استمِع لإجاباتهم، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ طريقة التوزيع على أفلاك المستويات الفرعية لا تُغيِّر من عدد الإلكترونات، ولكنَّها تُبيِّن كيفية توزيعها.
- أخبر الطلبة أنَّه توجد قواعد أُخرى، إضافةً إلى مبدأ الاستبعاد لباولي، يجب مراعاتها في أثناء عملية التوزيع الإلكتروني، مثل: مبدأ أوفباو للبناء التصاعدي، وقاعدة هوند.

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

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

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لمجموعةٍ منَ العناصرِ.

أُحدِّدُ الصفاتِ المُميِّزةَ للعناصرِ بحسبِ توزيعِها.

أُوضِّحُ العلاقةَ بينَ موقعِ العنصرِ، وخصائصِهِ، وصفاتِهِ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

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.

التأيُّنُ Ionization.

مبادئُ وقواعدُ التوزيعِ الإلكترونيِّ للذرّاتِ
Principles of Electronic Configuration

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

عندَ البدءِ بعمليةِ توزيعِ الإلكتروناتِ على مستوياتِ الطاقةِ يجبُ مراعاةُ عددٍ منَ المبادئِ والقواعدِ التي تُحقِّقُ الاستقرارَ للذرّاتِ. فإضافةً إلى مبدأ 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:

2 التدريس

◄ بناء المفهوم

التوزيع الإلكتروني:

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– هل شاهدت يومًا عملية بناء لمنزل من عِدَّة طوابق، أو لبناية ضخمة؟

– من أين يبدأ العمّال بالبناء؟

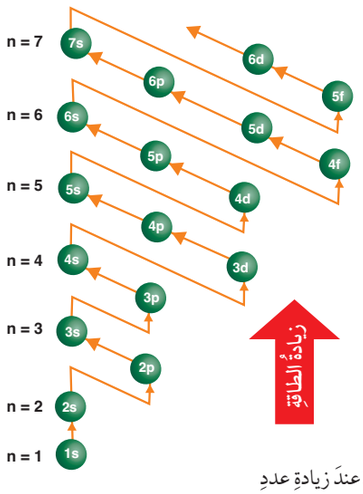
استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى مراحل عملية البناء.

– أيُّ الطوابق تُبنى أولًا؟

وضِّح للطلبة أنَّ بناء الذَّرَّة يُشبِه عملية بناء المنزل؛ إذ تُوزَّع الإلكترونات من المستوى الأقل طاقة (الأقرب إلى النواة) إلى المستوى الأعلى طاقة (الأبعد عن النواة)، في ما يُعرَف بمبدأ أوفباو للترتيب التصاعدي.

مبدأ أوفباو للبناءِ التصاعديِّ Aufbau Principle

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



الشكلُ (1): ترتيبُ الأفلاكِ بحسبِ الطاقةِ.

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 + ℓ)؛ إذْ تُملَأُ الإلكتروناتُ بالمستوى الفرعيِّ الأقلِّ مجموعًا (n + ℓ). فمثلًا، يُلاحَظُ أنَّ المستوى الفرعيَّ 4s يُملَأُ بالإلكتروناتِ قبلَ المستوى 3d؛ لأنَّ مجموعَ القيمِ (n + ℓ) لهذا المستوى 4 (4 = 4 + 0)، في حينِ أنَّ مجموعَها 5 (5 =2 + 3) للمستوى 3d.

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

يُمكِنُ كتابةُ مستوياتِ الطاقةِ الفرعيةِ على النحوِ الآتي:

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

كلمةُ أوفباو aufbau ألمانيةُ الأصلِ، وتعني البناءَ التصاعديَّ.

مثال إضافي

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– أيُّ المستويين الفرعيين يُملَأُ بالإلكتروناتِ أولًا: 5d أم 6s؟

الحلُّ:

طاقة المستوى الفرعي 6s: (6 = 0 + 6).

طاقة المستوى الفرعي 5d: (7 = 2 + 5).

لاحِظ أنَّ طاقة المستوى الفرعي 6s أقل من طاقة المستوى الفرعي 5d؛ لذا فإنَّ المستوى الفرعي 6s يُملَأُ بالإلكتروناتِ أولًا.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1)؛ لتعرُّف ترتيب الأفلاك بحسب طاقتها، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– هل تتساوى طاقة المستويات الفرعية في المستوى الرئيس نفسه؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ طاقة المستويات الرئيسة تزداد بزيادة رقم المستوى، وأنَّ المستويات الفرعية تختلف طاقتها في المستوى الرئيس نفسه، وأنَّه يُمكِن تحديد طاقة المستوى الفرعي عن طريق مجموع قيم (n) و (ℓ).

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– أيُّهما أعلى طاقة: المستوى الفرعي 4s, أم المستوى الفرعي 4p؟

طاقة المستوى الفرعي 4s: (4 = 0 + 4).

– أيُّهما يُملَأُ بالإلكترونات أولًا؟

طاقة المستوى الفرعي 4p: (5 = 1 + 4).

لاحِظ أنَّ طاقة المستوى الفرعي 4s أقل من طاقة المستوى الفرعي 4p؛ لذا فإنَّ المستوى الفرعي 4s يُملَأُ بالإلكترونات قبل المستوى الفرعي 4p.

- شارِك الطلبة في تتبُّع تدرُّج توزيع الإلكترونات على المستويات الرئيسة للطاقة، والمستويات الفرعية بناءً على الشكل (1)، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

– لماذا يُملَأُ المستوى الفرعي 4s بالإلكترونات قبل المستوى الفرعي 3d؟

وجِّه الطلبة إلى حساب طاقة كلٍّ منهما، مُبيِّنًا لهم أنَّ المستوى الفرعي 4s أقل طاقة من المستوى الفرعي 3d؛ لذا فإنَّه يُملَأُ بالإلكترونات أولًا.

طريقة أُخرى للتدريس

- ضع ثلاثة مقاعد فارغة أمام الطلبة، ثم اطلب إلى ثلاثة طلبة الجلوس عليها منفردين؛ أو يجلس طالبين على مقعد، والطالب الثالث على مقعد، ويبقى المقعد الثالث فارغًا.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– أيُّ الحالتين تتيح للطلبة وضعية جلوس أفضل؟

استمع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الوضعية الفضلى هي تخصيص مقعد لكل طالب، وهذا يُشبِه توزيع الإلكترونات على أفلاك المستوى الفرعي الواحد.

◄ استخدام الصور والأشكال:

قاعدة هوند Hund's Rule

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2) لاستكشاف كيفية توزيع 5 إلكترونات على أفلاك المستوى p.
- تتبَّع مع الطلبة خطوات التوزيع، مُبيِّنًا لهم كيفية توزيعها على المستويات الفرعية، وأنَّ هذه الطريقة في التوزيع تُسمّى قاعدة هوند، وأنَّها تُوضِّح كيفية توزيع الإلكترونات داخل أفلاك المستوى الفرعي الواحد.

◄ تعزيز:

اكتب توزيع هوند لـ 4 إلكترونات على أفلاك المستوى الفرعي p، مراعيًا السعة القصوى للفَلك.

الحلُّ:

وضِّح للطلبة أنَّ توزيع الإلكترونات يكون بصورة فردية أولًا، وأنَّه في حال وجود إلكترون رابع فإنَّه يضاف إلى الفَلك الأول في اتجاه عكسي (يُعرَف باتجاه الغزل المعاكس)، وهذا ما نصَّت عليه قاعدة هوند.

المثالُ 1

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

الحلُّ:

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

المثالُ 2

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

الحلُّ:

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

قاعدةُ هوند Hund's Rule

تنصُّ **قاعدةُ هوند** على "توزُّعِ الإلكتروناتِ بصورةٍ منفردةٍ على أفلاكِ المستوى الفرعيِّ الواحدِ باتجاهِ الغزلِ نفسِهِ، ثمَّ إضافةِ ما تبقّى منْ إلكتروناتٍ إلى الأفلاكِ باتجاهٍ مغزليٍّ معاكسٍ." وهذا يُوفِّرُ الحدَّ الأدنى منَ الطاقةِ، والقدرَ الأقلَّ منَ التنافرِ بينَ الإلكتروناتِ داخلَ أفلاكِ المستوياتِ الفرعيةِ.

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

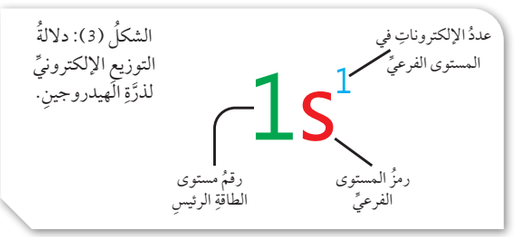
يُحدِّدُ التوزيعُ الإلكترونيُّ– وَفقَ قاعدةِ هوند– عددَ الإلكتروناتِ المنفردةِ في أفلاكِ المستوى الفرعيِّ الواحدِ. فمثلًا، يمتلكُ النتروجينُ $_7N$ ثلاثةَ إلكتروناتٍ منفردةٍ مُوزَّعةٍ على أفلاكِ P ↑ ↑ ↑ ، في حينِ

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

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

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

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



الشكلُ (3): دلالةُ التوزيعِ الإلكترونيِّ لذرَّةِ الهيدروجينِ.

الجدولُ (1): التوزيعُ الإلكترونيُّ لبعضِ ذرّاتِ العناصرِ.

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

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (3) لتعرُّف دلالة كلٍّ من الأرقام والرموز، مُبيِّنًا لهم هذه الدلالات.

◄ قراءة الجدول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (1)، ثم ملاحظة التوزيع الإلكتروني للذَّرّات المختلفة، وحساب عدد الإلكترونات في التوزيع الإلكتروني لأيِّ ذَرَّة منها، ومقارنة ذلك بعددها الذَّرِّي.
- بيِّن للطلبة أنَّ عدد الإلكترونات المُوزَّعة يساوي العدد الذَّرِّي.

◄ المناقشة:

- وجِّه الطلبة إلى كتابة التوزيع الإلكتروني لعنصر الجرمانيوم Ge_{32}، ثم ناقِشهم فيه، مُبيِّنًا كيفية توزيع الإلكترونات على مستويات الطاقة.
- اكتب التوزيع الإلكتروني لعنصر الجرمانيوم $_{32}Ge$.

التوزيع الإلكتروني للجيرمانيوم

$_{32}Ge: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$

معلومة إضافية

الإلكترونات المنفردة.

إنَّ توزيع الإلكترونات في أفلاك المستوى الخارجي (باتباع قاعدة هوند) يمنح الذَّرَّة أقصى ما يُمكِن من الاستقرار، ويُحدِّد عدد الإلكترونات المنفردة، التي تُعَدُّ مُؤشِّرًا مهمًّا لعدد من خواص الفلزات، مثل خواصها المغناطيسية؛ إذ ترتبط قدرة المغناطيس على جذب الفلزات بزيادة عدد الإلكترونات المنفردة في أفلاك المستوى الخارجي، وكذلك بقدرتها على اكتساب الخاصية المغناطيسية. وهذا يُفسِّر سبب انجذاب الحديد والمنغنيز إلى المغناطيس، في حين لا توجد هذه الخاصية في النحاس والخارصين.

◄ الربط بالمعرفة السابقة :

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– بماذا يمتاز التوزيع الإلكتروني لذَرّات عناصر الغازات النبيلة؟

ذكِّر الطلبة بأنَّ المستوى الخارجي لذَرّات عناصر الغازات النبيلة مليء بالإلكترونات.

◄ قراءة الجدول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (2)، ثم تحديد عدد إلكترونات المستوى الخارجي لذَرّات عناصر الغازات النبيلة.

8 إلكترونات، باستثناء غاز الهيليوم الذي يحوي إلكترونين.

◄ قراءة الجدول:

- وجِّه الطلبة إلى ملاحظة التوزيع الإلكتروني في الجدول (3) بدلالة الغازات النبيلة، ثم البدء بالتوزيع الإلكتروني لعدد من العناصر بدلالة الغازات النبيلة.
- وضِّح للطلبة أنَّه يُمكِن الاستفادة من هذا التوزيع بكتابة توزيع إلكتروني مختصر للعديد من الذَّرّات.

◄ تعزيز:

اكتب التوزيع الإلكتروني بدلالة الغاز النبيل لكلٍّ من: $_{15}P$, $_{37}Rb$

$_{15}P$: [Ne] $3s^2\ 3p^3$

$_{37}Rb$: [Kr] $5s^1$

✓ أتحقَّقُ:

1.

2. $7p > 6p > 5d > 5p > 3d$

3. N: [He] $2s^2\ 2p^3$

   Si: [Ne] $3s^2\ 3p^2$

الجدول (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	$1s^2 2s^2 2p^6$
الأرغونُ Argon	Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
الكربتونُ Krypton	Kr	36	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

التوزيعُ الإلكترونيُّ بدلالةِ الغازاتِ النبيلةِ

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

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

✓ أتحقَّقُ:

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

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

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

*** بناء الشخصية: إدارة الضغوط.**

أخبر الطلبة أنَّ إدارة الضغوط تُنمّي مهارات التعلُّم، مثل :حلِّ المشكلات، وتحديد المهام والأولويات، وإدارة الوقت، والتعامل مع التحديات.

تصنيفُ العناصرِ Classifying The Elements

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

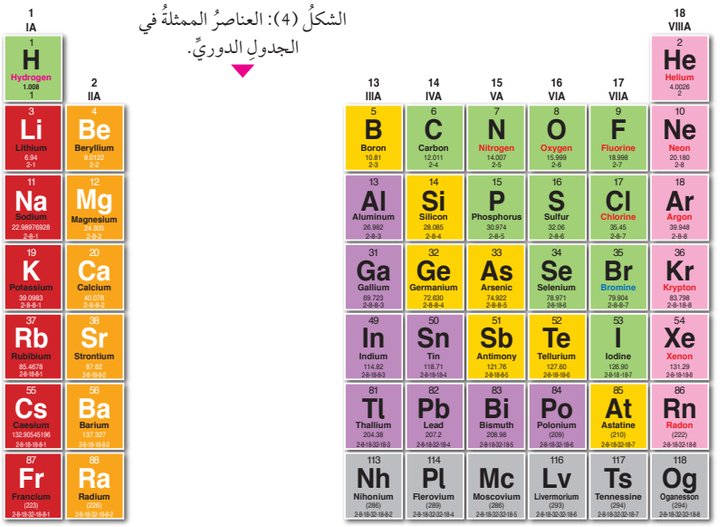
يتكوَّنُ الجدولُ الدوريُّ منْ (7) دوراتٍ تُمثِّلُ المستوياتِ الرئيسةَ للطاقةِ حولَ النواةِ، ويضمُّ أيضًا (18) مجموعةً، بحيثُ تترتَّبُ العناصرُ المتشابهةُ في خصائصِها الكيميائيةِ في مجموعةٍ واحدةٍ.

تُقَسَّمُ عناصرُ الجدولِ الدوريِّ إلى قسمَيْنِ رئيسيْنِ، هما:

العناصرُ الممثلةُ Representative Elements

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

الشكلُ (4): العناصرُ الممثلةُ في الجدولِ الدوريِّ.



◄ الربط بالمعرفة السابقة:

تصنيف العناصر.

- ذكِّر الطلبة بالجدول الدوري، ثم اسألهم:

– مِمَّ يتكوَّن الجدول الدوري؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الجدول الدوري يتكوَّن من 7 صفوف، تُسمّى دورات، و 18 عمودًا تُسمّى مجموعات، تتوزَّع عليها العناصر الكيميائية وفق تزايد أعدادها الذَّرِّية، وتشابه خواصها.

◄ بناء المفهوم:

العناصر الممثلة.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من ذرّات العناصر الآتية:

$(_{19}K, _{11}Na, _{3}Li)$ و $(_{34}Se, _{16}S, _{8}O)$.

$_{3}Li$: [He] $2s^1$

$_{11}Na$: [Ne] $3s^1$

$_{19}K$: [Ar] $4s^1$

$_{8}O$: [He] $2s^2\ 2p^4$

$_{16}S$: [Ne] $3s^2\ 3p^4$

$_{34}Se$: [Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما عدد إلكترونات المستوى الخارجي لكلٍّ من هذه العناصر؟

عدد إلكترونات المستوى الخارجي لهذه العناصر: $(_{19}K, _{11}Na, _{3}Li)$: 1

عدد إلكترونات المستوى الخارجي لهذه العناصر: $(_{34}Se, _{16}S, _{8}O)$: 6

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– حدِّد موقع كلٍّ من هذه العناصر في الجدول الدوري.

العناصر $(_{19}K, _{11}Na, _{3}Li)$ تقع في العمود نفسه من الجدول الدوري، الذي يُسمّى المجموعة الأولى (1A)، وجميع عناصر هذه المجموعة تحوي إلكترونًا واحدًا في المستوى الخارجي.

العناصر $(_{34}Se, _{16}S, _{8}O)$ تقع في العمود السادس من الجدول الدوري، الذي يُسمّى المجموعة السادسة (6A)، وجميع عناصر هذه المجموعة تحوي 6 إلكترونات في المستوى الخارجي.

- بيِّن للطلبة أنَّ المستوى الخارجي لجميع هذه العناصر يشير إلى الصف الأفقي الذي توجد فيه هذه العناصر، في ما يُعرَف برقم الدورة.

- أكِّد للطلبة أنَّ العناصر التي تقع في المجموعات المُبيَّنة في الجدول كما في الشكل (4) وينتهي توزيعها الإلكتروني بأفلاك المستوى الفرعي s أو المستوى الفرعي p تُسمّى العناصر الممثلة.

الربطُ بالحياةِ

وضح للطلبة ان استخدام العناصر الانتقالية في الحياة اليومية يعتمد بشكل اساسي على الافادة من صفاتها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

العناصر الانتقالية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (5)، وملاحظة الجزء المُظلَّل باللون الأزرق، مُبيِّنًا لهم أنَّ هذه العناصر تُسمّى العناصر الانتقالية.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما التوزيع الإلكتروني لكل من:

$_{22}Ti$, $_{21}Sc$, $_{40}Zr$, $_{39}Y$

$_{21}Sc$: [Ar] $4s^2$ $3d^1$

$_{22}Ti$: [Ar] $4s^2$ $3d^2$

$_{39}Y$: [Kr] $5s^2$ $4d^1$

$_{40}Zr$: [Kr] $5s^2$ $4d^2$

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المستويات الفرعية التي ينتهي بها التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من هذه العناصر؟

ينتهي التوزيع الإلكتروني لهذه العناصر بالمستوى الفرعي s والمستوى الفرعي d.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما عدد إلكترونات المستوى الخارجي لكلٍّ من هذه العناصر؟

عدد إلكترونات المستوى الخارجي لكلٍّ من هذه العناصر يشمل إلكترونات المستويين الفرعيين s و d.

يُطلَق على هذه المجموعة من العناصر اسم العناصر الانتقالية الرئيسة.

رقم المجموعة لهذه العناصر هو مجموع إلكترونات هذين المستويين الفرعيين.

رقم الدورة التي يوجد فيها هذه العناصر هو الرقم (n) للمستوى الفرعي الأخير s.

الربطُ بالحياةِ

منطادٌ مملوءٌ بغازِ الهيليوم

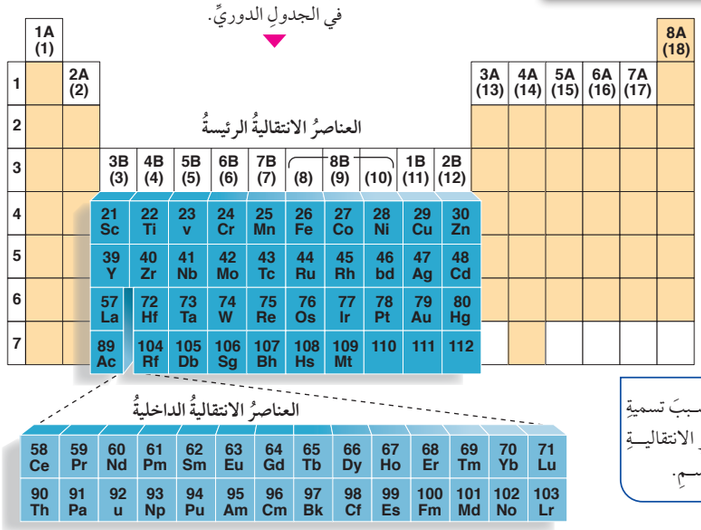
يمتازُ غازُ الهيليوم He بكثافتِهِ المنخفضةِ مقارنةً ببقيةِ الغازاتِ، ويُعَدُّ غازًا آمنًا غيرَ سامٍّ، وغيرَ قابلٍ للاشتعالِ أوِ الانفجارِ؛ نظرًا إلى قِلَّةِ نشاطِهِ الكيميائيِّ؛ لذا تُملَأُ بهِ المناطيدُ، والبالوناتُ الطائرةُ، والغوّاصاتُ البحريةُ.

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

الشكلُ (5): العناصرُ الانتقاليةُ في الجدولِ الدوريِّ.



أُوضِّحُ سببَ تسميةِ العناصرِ الانتقاليةِ بهذا الاسمِ.

- وضِّح للطلبة أنَّ العناصر الانتقالية نوعان، هما:

العناصر الانتقالية الرئيسة، وهي تتألَّف من 10 مجموعات.

العناصر الانتقالية الداخلية، وهي تتألف من 14 مجموعة.

يضاف الحرف B إلى رقم مجموعة العنصر الانتقالي لتمييزه من عناصر المجموعة الممثلة A.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الفرق بين العناصر الانتقالية الرئيسة والعناصر الانتقالية الداخلية من حيث التوزيع الإلكتروني؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية الرئيسة ينتهي بأفلاك المستوى الفرعي d، في حين ينتهي التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية الداخلية بأفلاك المستوى f.

تنقسمُ العناصرُ الانتقاليةُ Transition Elements إلى قسمَيْنِ رئيسيْنِ، هما:

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

يُبيِّنُ الجدولُ (4) التوزيعَ الإلكترونيَّ لعناصرِ الدورةِ الرابعةِ الانتقاليةِ الرئيسةِ B، وأرقامَ مجموعاتِها. ويُلاحَظُ منْ هذا الجدولِ 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 (3–7) B، بحسبِ القاعدةِ الآتيةِ:

رقمُ المجموعةِ = إلكتروناتِ nS + 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.

الجدول (4): 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

أبحث

قضيةٌ للبحثِ

وجِّه الطلبة الى استخدام الكلمات المفتاحية الآتية: شذوذ التوزيع الإلكتروني، الأفلاك المتلئة، الأفلاك نصف المتلئة.

وبحسب الجدول (4)، فإنَّ سبب اختلاف التوزيع الإلكتروني للكروم $_{24}Cr$ للحصول على توزيع اكثر استقرارا ؛ ذلك أنَّ التوزيع الإلكتروني المتوقع هو $_{24}Cr: [Ar]\ 3d^4\ 4s^2$

أمّا التوزيع الحالي فهو: $_{24}Cr: [Ar]\ 3d^5\ 4s^1$

من المُلاحَظ أنَّ التوزيع الأخير هو أكثر استقرارًا؛ ذلك أنَّ أفلاك s و d نصف ممتلئة، وهذه الحالة هي أكثر استقرارًا من التوزيع المتوقع.

وبالمثل، فإنَّ توزيع النحاس $_{29}Cu: [Ar]\ 3d^{10}\ 4s^1$ أكثر استقرارًا من التوزيع المتوقع $_{29}Cu: [Ar]\ 3d^9\ 4s^2$؛ نظرًا إلى وجود فَلكين في حالة امتلاء ونصف امتلاء، وهذه الحالة هي أكثر استقرارًا من التوزيع الإلكتروني المتوقع.

◄ قراءة الجدول:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (4) لتعرُّف التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الرابعة من العناصر الانتقالية B.
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– مستعينًا بالجدول السابق، ما العلاقة بين التوزيع الإلكتروني ورقم مجموعة العنصر الانتقالي؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ عدد المستويات يُعتمَد للدلالة على رقم الدورة في العنصر الانتقالي، شأنه في ذلك شأن العناصر الممثلة في تحديد رقم الدورة، في حين يُحدِّد رقم مجموعة العنصر الانتقالي عن طريق القاعدة (رقم المجموعة = عدد إلكترونات s في المستوى الخارجي + عدد إلكترونات d في المستوى قبل الخارجي). وتنطبق هذه القاعدة على العناصر B (3-8)، وهي التي تبدأ بالعدد الذَّرِّي (21-28).

- وضِّح للطلبة أنَّ المجموعة الثامنة B تضم 3 مجموعات (8، 9، 10)، ويُعْزى النظر إلى تلك المجموعات بوصفها مجموعة واحدة إلى التشابه الكبير بين عناصرها في الصفات الفيزيائية والكيميائية. وفي حال كان مجموع s و d أكثر من 10 فإنَّه يُعتمَد عدد إلكترونات الفلك s لتحديد رقم المجموعة.

معلومةٌ إضافيةٌ

تسعى العناصر لتحقيق الحدِّ الأدنى من الطاقة للوصول إلى أكثر الحالات استقرارًا، وتتمثَّل هذه الحالة في التوزيع الإلكتروني عند امتلاء أفلاك المستويات بالإلكترونات؛ إذ تُشابِه في توزيعها توزيع ذَرّات العناصر النبيلة.

وبالمثل، فإنَّ الأفلاك نصف المتلئة هي أكثر استقرارًا من غيرها؛ ما يُفسِّر شذوذ بعض القواعد في التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر، أو اختلاف قيم طاقات التأيُّن كما سيرد لاحقًا.

الربطُ بالحياةِ
استخدامُ التيتانيومِ في الطبِّ

- وجِّه الطلبة إلى قراءة النص الوارد في بند (الربط بالحياة)، ثم استنتاج صفات التيتانيوم التي جعلته فلزًّا منافسًا في الاستخدامات الطبية، وربط تلك الصفات بأفضل النتائج المنشودة من استخدامه، ثم مناقشتهم في استنتاجاتهم؛ للتوصُّل إلى أنَّ كل فلز يمتاز بعدد من الصفات التي تمنحه أهمية صناعية واقتصادية، مثل التيتانيوم الذي يُعَدُّ من أكثر الفلزات صلابة بالرغم من خفَّة وزنه؛ ما جعل منه فلزًّا منافسًا في الاستخدامات الطبية، إضافةً إلى قلَّة نشاطه الكيميائي، وعدم تأثُّره بالعوامل الخارجية.

✓ **أتحقَّقُ:** بما أنَّ العنصر هو أحد عناصر المجموعة الثانية A، فإنَّ الفَلك الخارجي له s^2 ولأنَّ الدورة الرابعة تشير إلى رقم المستوى n = 4، فإنَّ الفَلك الأخير $4s^2$، وإنَّ الافلاك التي تسبقه تُملَأ، فيصبح توزيعه الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2$، وعدده الذَّرِّي 20 التوزيع الإلكتروني لايونات العناصر.

الربطُ بالحياةِ
استخدامُ التيتانيومِ في الطبِّ

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

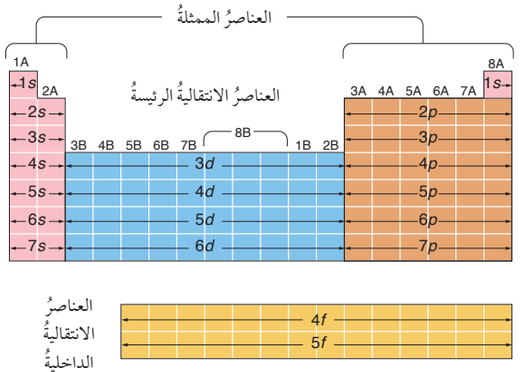
منَ المجالاتِ التي يُستخدَمُ فيها التيتانيومُ على نطاقٍ واسعٍ الطبُّ؛ إذْ يدخلُ في صناعةِ المفاصلِ البديلةِ، مثلِ مفصلِ الوركِ ومفصلِ الركبةِ، ويُستخدَمُ في علاجِ الانزلاقاتِ الغضروفيةِ في العمودِ الفقريِّ، ويدخلُ أيضًا في صناعةِ صفائحِ الجمجمةِ، وبراغي الأسنانِ، والفكِّ الصناعيِّ، وغيرِ ذلكَ منَ الاستخداماتِ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

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

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 بنيةِ الجدولِ الدوريِّ في تعرُّفِ التوزيعِ الإلكترونيِّ للعنصرِ بناءً على موقعِهِ في الجدولِ الدوريِّ؛ إذْ يُلاحَظُ منَ الشكلِ (6) أنَّ الجدولَ الدوريَّ ينقسمُ إلى (4) أقسامٍ، وأنَّ كلَّ قسمٍ منْها يضمُّ عددًا منَ الأعمدةِ مساويًا لسعةِ المستوياتِ الفرعيةِ التي ينتهي بها التوزيعُ الإلكترونيُّ. فمثلًا، العناصرُ التي ينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ s تقعُ ضمنَ العموديْنِ: A2 وَ A1، والعناصرُ التي ينتهي توزيعُها الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ p تقعُ ضمنَ الأعمدةِ (3A-8A)، وكذلكَ هوَ حالُ العناصرِ الانتقاليةِ الرئيسةِ.

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



استخدام الصور والأشكال

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (6)، ثم اسألهم:

– ما العلاقة بين عدد المجموعات في كل قسم من أقسام الجدول الأربعة وسعة أفلاك كل مستوى فرعي؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الجدول الدوري يتكوَّن من أربعة اقسام، وأنَّ كل قسم يحوي عددًا من المجموعات يساوي سعة أفلاك المستويات الفرعية، وأنَّ كل قسم يحوي العناصر التي ينتهي توزيعها بالفَلك المشار إليه بالشكل (6)، وبذلك يُمكِن تعرُّف التوزيع الإلكتروني للعنصر عن طريق موقعه في الجدول الدوري.

المثالُ 3

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

الحلُّ:

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

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

المثالُ 4

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

الحلُّ:

بالرجوعِ إلى الشكلِ (6)، 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.

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

- اطلب إلى الطلبة حلَّ الامثلة الاتية:

مثال إضافي 1

- اكتب التوزيع الإلكتروني لعنصر من الدورة الرابعة والمجموعة الثالثة (B).

الحل:

$[Ar]\ 4s^2 3d^1$

مثال إضافي 2

- ما العدد الذَّرِّي لعنصر من الدورة الرابعة والمجموعة السابعة (B)؟

الحل:

$[Ar]\ 4s^2 3d^5$

بناءً على التوزيع الإلكتروني، فإنَّ العدد الذَّرِّي هو 25

المناقشة:

التوزيع الإلكتروني لأيونات العناصر

- وضح للطلبة ان بعض الذرات تميل بعض الذَّرّات إلى كسب الإلكترونات أو فقدها للوصول إلى الحدِّ الأدنى من الطاقة، ماذا تُسمّى هذه العملية؟ وما الناتج منها؟

استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الذَّرّات تتحوَّل إلى أيونات مختلفة الشحنة إثر عمليتي الفقد والكسب.

- ناقِش الطلبة في مفهوم الذَّرَّة المتعادلة، وتساوي عدد البروتونات الموجبة والإلكترونات السالبة فيها، للتوصُّل إلى مفهوم التأين، وهو نتاج عمليتي كسب الإلكترونات وفقدها، التي تطال إلكترونات المستوى الأخير (إلكترونات التكافؤ).

◄ المناقشة:

- ناقِش الطلبة في حل المثالين (5) و (6)، ثم اطلب إليهم حل المثالين الآتيين:

مثال إضافي

- اكتب التوزيع الإلكتروني للأيون Ca^{+2}.

الحل:

$[Ar] : Ca^{+2}$

مثال إضافي

- اكتب التوزيع الإلكتروني للأيون O^{-2}.

الحل:

$[Ne] : O^{-2}$

طريقة أُخرى للتدريس

- اطلب إلى الطلبة تفسير الشحنة الموجبة والشحنة السالبة للأيون، بالمقارنة بين عدد البروتونات الموجبة في النواة وعدد الإلكترونات السالبة بعد عملية كسب الإلكترونات أو فقدها.
- وجِّه الطلبة إلى توزيع بعض أيونات العناصر الممثلة توزيعًا إلكترونيًّا، ثم مقارنته بالتوزيع الإلكتروني لذَرّاتها الأصلية.
- وضِّح للطلبة أنَّ عملية فقد الإلكترونات في العناصر الانتقالية لتكوين أيوناتها الموجبة تختلف عنها في العناصر الممثلة؛ إذ تبدأ عملية فقد الإلكترونات من الفَلك s الخارجي، ثم من أفلاك المستوى d.

المثال 5

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

الحلُّ:

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

المثال 6

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

الحلُّ:

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

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

المثالُ 7

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

الحلُّ:

التوزيعُ الإلكترونيُّ لفلزِّ التيتانيومِ هوَ $_{22}Ti$: $[Ar]\ 3d^2\ 4s^2$، 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 الدرسِ

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

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

أ - أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ للعناصرِ الواردِ ذكرُها في الجدولِ.

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

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

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

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

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

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

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

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

● شارِك الطلبة في حل المثال (7)، ثم اطلب إليهم حل المثال الاتي :

مثال إضافي

● اكتب التوزيع الإلكتروني للأيون Fe^{+3}.

الحل:

Fe^{+3} : $[Ar]3d^5$

✓ **أتحقَّق:**

$_{20}Ca^{+2}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

$_{16}S^{-2}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

Ni^{+2} : $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^8$ $_{28}$

$_{26}Fe^{+3}$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5$

3 التقويم

مراجعة الدرس

1

العنصر	O	Al	Cl	Co	As
أ - التوزيع الإلكتروني:	$1s^2\ 2s^2\ 2p^4$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^2 3d^7$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^2 3d^{10} 3p^3$
ب - رقم الدورة:	2	3	3	4	4
رقم المجموعة:	6	3	7	8	5
جـ -	عنصر ممثل.	عنصر ممثل.	عنصر ممثل.	عنصر انتقالي.	عنصر ممثل.
د - الإلكترونات المنفردة:	2	1	1	3	3

هـ - 35

و - 16

ز - Al^{+3}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ ، As-3: 1s2 2s2 2p6 3s2 3p64s23d103p6

2 16

3 25

الدرسُ 2

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic Properties of the Elements

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ

- مهِّد للدرس بالقول إنَّ للعناصر عددًا من الصفات الفيزيائية والخواص الكيميائية التي يُؤثِّر فيها مباشرة موقعها في الجدول الدوري.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- ذكِّر الطلبة بما درسوه عن التوزيع الإلكتروني، والخصائص العامة للعناصر في المجموعات الممثلة، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:
  - ما العلاقة التي تربط بين التوزيع الإلكتروني للذَّرَّة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية؟
  - ما الصفات المُتعلِّقة بعدد المستويات الرئيسة للذَّرَّة؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ التوزيع الإلكتروني يُسهِم في تحديد عدد من الصفات الفيزيائية، مثل الحجم الذَّرِّي الذي يُؤثِّر في عدد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية.

التكامل مع الجغرافيا:

- لجذب انتباه الطلبة إلى موضوع الدرس، اعرض أمامهم خريطة العالَم المناخية الشكل (7)، مُبيِّنًا معنى وحدة الألوان عليها، ومستعينًا بمفتاحها لتفسير المناطق المتشابهة فيها من حيث المناخ بناءً على دوائر العرض، ثم صِف لهم كيف تُحدَّد مواقع العناصر في الجدول الدوري وصفاتها.

2 التدريس

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:
  - كيف تتغيَّر المساحة بين قاعدة الهرم ورأسه، فهل يكون هذا التغيُّر منتظمًا أم عشوائيًّا؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ الحجم يزداد بشكل منتظم كلَّما انتقلنا من أعلى الهرم إلى قاعدته، وأنَّ هذا يُشبِه كثيرًا طريقة تغيير الصفات في الجدول الدوري؛ سواء أكان ذلك في الدورة الواحدة، أم في المجموعة الواحدة.
- الفت انتباه الطلبة إلى تدرُّج الخصائص الفيزيائية والكيميائية في المجموعة الواحدة في الجدول الدوري، ثم اكتب على اللوح التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

❋ **القضايا البيئية: التوازن البيئي.**

وجِّه الطلبة إلى اتباع سلوكات حياتية تُسهِم في الحفاظ على البيئة بصورة مستدامة .

◄ الفكرةُ الرئيسةُ:

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

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:

أتنبَّأُ بدوريةِ الصفاتِ لعناصرِ الدورةِ والمجموعةِ في الجدولِ الدوريِّ.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ Periodic Properties of the Elements.

نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ Atomic Radius.

شحنةُ النواةِ الفعّالةُ Effective Nuclear Charge.

إلكتروناتُ التكافؤِ Valence Electrons.

طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy.

الألفةُ الإلكترونيةُ Electron Affinity.

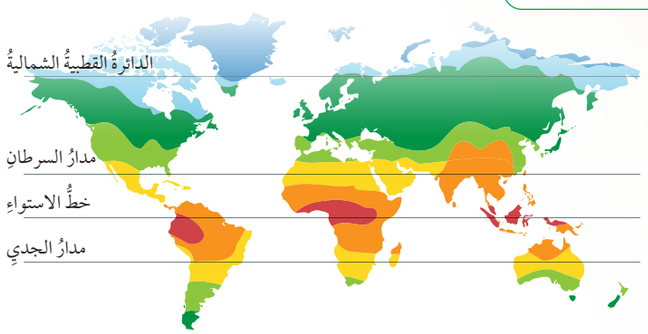
السالبيةُ الكهربائيةُ Electron Negativity.

الخصائصُ الدوريةُ للعناصرِ
Periodic Properties of the Elements

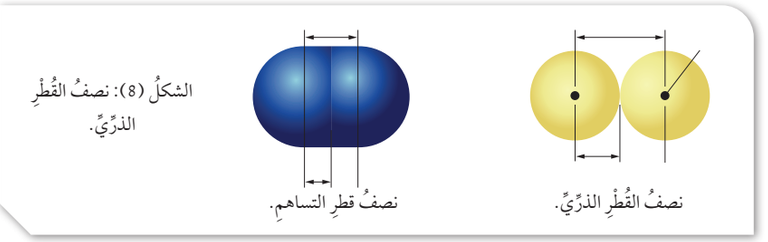
تُقسَّمُ الكرةُ الأرضيةُ إلى عددٍ منَ المناطقِ المختلفةِ بحسبِ المناخِ السائدِ فيها. ويُبيِّنُ الشكلُ (7) تقسيمَ المناطقِ تبعًا لاختلافِ مناخِها الذي يرتبطُ مباشرةً بموقعِها الجغرافيِّ؛ إذْ تتشابهُ المناطقُ الواقعةُ ضمنَ دوائرِ العرضِ نفسِها منْ حيثُ المناخُ، في حينِ تتغيَّرُ المناطقُ المناخيةُ كلَّما اتجهْنا منْ شمالِ الكرةِ الأرضيةِ إلى جنوبِها. وهذا يُشْبِهُ كثيرًا العناصرَ الكيميائيةَ؛ إذْ إنَّها تمتازُ بعددٍ منَ الخصائصِ الفيزيائيةِ والكيميائيةِ التي تُحدَّدُ بناءً على موقعِ العنصرِ في الجدولِ الدوريِّ. فما هذهِ الخصائصُ؟ 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 ذرَّتَيْنِ مُتجاورتَيْنِ في البلّورةِ الصُّلْبةِ لعنصرِ الفلزِّ." ويُعبَّرُ عنْ حجومِ ذرّاتِ اللافلزّاتِ بمصطلحِ نصفِ القُطْرِ التساهميِّ، وهوَ" نصفُ المسافةِ بينَ نواتَيْ ذرَّتَيْ عنصرٍ في الحالةِ الغازيةِ بينَهُما رابطةٌ تساهميةٌ."



الشكلُ (7): تقسيمُ العالَمِ بحسبِ المناطقِ المناخيةِ.



الشكلُ (8): نصفُ القُطْرِ الذرِّيِّ.

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

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

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

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

- **شحنةُ النواةِ الفعّالةُ Effective Nuclear Charge:**

تعملُ البروتوناتُ الموجبةُ في النواةِ على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ (إلكتروناتُ التكافؤِ) نحوَها، ويتأثَّرُ مقدارُ الجذبِ الفعليِّ للنواةِ الموجبةِ بفعلِ إلكتروناتِ المستوياتِ الداخليةِ (الإلكتروناتُ الحاجبةُ)؛ إذْ إنَّها تُقلِّلُ منْ قدرةِ النواةِ على جذبِ الإلكتروناتِ، وتُعرفُ القدرةُ الفعليةُ للنواةِ الموجبةِ على جذبِ إلكتروناتِ التكافؤِ بعدَ تأثيرِ الإلكتروناتِ الحاجبةِ **بشحنةِ النواةِ الفعّالةِ Effective Nuclear Charge**. تزدادُ شحنةُ النواةِ الفعّالةُ بزيادةِ العددِ الذرِّيِّ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الدورةِ الواحدةِ، معَ بقاءِ الرقمِ نفسِهِ للمستوى الخارجيِّ؛ ما يزيدُ منْ تأثيرِ جذبِ النواةِ

◄ تعزيز:

- وضِّح للطلبة أنَّه عند تمثيل الذَّرَّة بشكل كرة فإنَّه يُمكِن التعبير عن حجمها عن طريق نصف القُطْر. غير أنَّ تحرُّك إلكترونات الذَّرَّة حول النواة على شكل سحابة حال دون قياس نصف قُطْر الذَّرَّة قياسًا دقيقًا؛ لذا اعتمد العلماء ما يُسمّى نصف القُطْر الذَّرِّي (Atomic Radius).
- أخبر الطلبة أنَّ الحجم الذَّرِّي هو من الخواص المهمة التي تُحدِّد السلوك العام للذَّرّات.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (8) الذي يُمثِّل نصف القُطْر الذَّرِّي، ثم اطلب إليهم تحديد البُعْدين (المسافتين) المشار إليهما فيه.
- اطلب إلى الطلبة المقارنة بين تعريفي مفهوم نصف القُطْر الذَّرِّي، وتوظيفهما في ترميز البُعْدين بالرقم (1)، والرقم (2)، وتفسيرهما.
- مثِّل بخريطة مفاهيمية علاقة مفهوم نصف القُطْر الذَّرِّي بمفهومي عدد الكم الرئيس (n)، وشحنة النواة الفعالة، مُبيِّنًا أنَّهما من العوامل التي تُغيِّر نصف القُطْر تدريجيًّا في المجموعة الواحدة، أو في الدورة الواحدة في الجدول الدوري، وأنَّه يُمكِن إثراء هذه الخريطة باستخدام المفاهيم والمصطلحات الآتية:

الاتجاه، الدورة الواحدة، اليسار، اليمين، المجموعة الواحدة، الأعلى، الأسفل، إلكترونات التكافؤ، العدد الذَّرِّي، أدوات الربط المناسبة (من، إلى، ...).

نشاط سريع: شحنة النواة الفعالة:

- اعرض أمام الطلبة مغناطيسًا وكميةً قليلةً من برادة الحديد، ثم ضع البرادة على ورقة، ثم حرِّكها بتحريك المغناطيس أسفل الورقة.
- وجِّه الطلبة إلى ملاحظة تأثير المغناطيس فيها.
- كرِّر العملية باستعمال عدد من الأوراق (03 ورقة) بدلًا من الورقة.
- وجِّه الطلبة إلى ملاحظة التغيُّر في تأثير المغناطيس فيها.
- كرِّر العملية بوضع البرادة على غلاف كتاب، ثم اطلب إلى الطلبة ذكر مشاهداتهم وتفسيرها.
- بيِّن للطلبة أنَّ الإلكترونات في المستويات الداخلية (الإلكترونات الحاجبة) تُؤثِّر في جذب النواة لإلكترونات المستوى الخارجي (إلكترونات التكافؤ).
- ناقِش الطلبة في استنتاجاتهم لمفهوم شحنة النواة الفعالة للتوصُّل إلى أنَّ شحنة النواة الفعالة هي مقدار الشحنة المُؤثِّرة فعليًّا في إلكترونات المستوى الخارجي.

◄ استخدام الصور والأشكال:

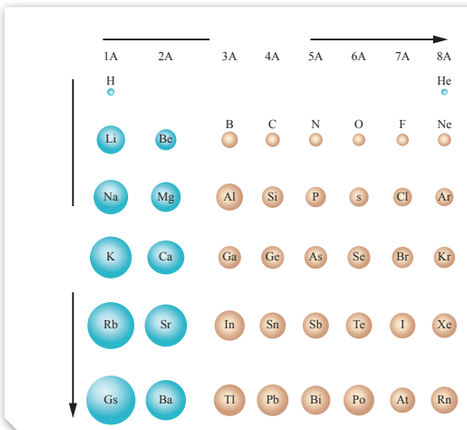
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9) الذي يُمثِّل نصف القُطْر، والحجم الذَّرِّي للذَّرّات في الجدول الدوري وعلاقة ذلك بحجم الذَرّات، ونصف القُطْر في المجموعة الواحدة، والدورة الواحدة.

✓ أتحقَّق:

1. Ba
2. S

طريقة أُخرى للتدريس

- قسِّم اللوح إلى ثلاثة أقسام متساوية بشكل أفقي، ثم اطلب إلى ثلاثة طلبة أنْ يكتبوا على اللوح التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من: الصوديوم، والمغنيسيوم، والألمنيوم.
- بيِّن للطلبة العلاقة بين الشحنة الفعالة للنواة، والحجم، مُفسِّرًا سبب تأثير الشحنة الفعالة للنواة في الدورة الواحدة، وانعدام أثرها في المجموعة الواحدة.



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

أُحدِّدُ رمزَ العنصرِ الأكبرِ حجمًا.

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

✓ أتحقَّقُ:

أيُّ الذرَّتيْنِ أكبرُ حجمًا: Be أمْ Ba؟

أيُّ الذرَّتيْنِ أصغرُ حجمًا: S أمْ Al؟

المثالُ 8

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

الحلُّ:

بناءً على التوزيعِ الإلكترونيِّ لهذهِ العناصرِ: Na: [Ne] $3s^1$ ،Mg: [Ne] $3s^2$ ،Al: [Ne] $3s^23p^1$، يَتبيَّنُ أنَّها جميعًا منْ عناصرِ الدورةِ الثالثةِ، وأنَّها تتساوى في عددِ المستوياتِ الرئيسةِ، وفي عددِ الإلكتروناتِ الداخليةِ (الإلكتروناتُ الحاجبةُ)، وتختلفُ في عددِ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ. فبروتوناتُ الصوديومِ Na هيَ أقلُّها عددًا؛ ما يعني أنَّ الصوديومَ أقلُّها قدرةً على جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، وأكبرُها منْ حيثُ الحجمُ الذرِّيُّ، تليها بروتوناتُ المغنيسيومِ Mg. أمّا الألمنيومُ فيملكُ العددَ الأكبرَ منَ البروتوناتِ الموجبةِ في النواةِ؛ ما يعني زيادةً في جذبِ إلكتروناتِ المستوى الخارجيِّ، فيقلُّ حجمُها الذرِّيُّ.

إجابة سؤال الشكل (9):

العنصر الأكبر حجمًا هو Cs.

نصفُ القُطْرِ الأيونيِّ Ionic Radius

تؤدي عمليةُ تأيُّنِ الذرّاتِ إلى اختلافِ توزيعِها الإلكترونيِّ، فضلًا عنْ تغيُّرِ عددِ الإلكتروناتِ في المستوى الخارجيِّ، وتغيُّرِ عددِ المستوياتِ الرئيسةِ المشغولةِ بالإلكتروناتِ. ولهذا، فإنَّ حجومَ الأيوناتِ تختلفُ عنْ ذرّاتِها تبعًا لإضافةِ الإلكتروناتِ وفقْدِها؛ إذْ تقلُّ حجومُ الأيوناتِ الموجبةِ مقارنةً بذرّاتِها نتيجةَ فقْدِ الإلكتروناتِ؛ ما يؤدي إلى تقليلِ عددِ 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 بينَ الإلكتروناتِ، مُسبِّبًا زيادةً في حجمِ الأيونِ السالبِ.

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

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

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

المثالُ 9

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

الحلُّ:

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

المناقشة:

- ناقِش الطلبة في أثر اكتساب الذَّرَّة للإلكترونات على نصف قُطْر الأيون السالب، وزيادته بزيادة الإلكترونات المُكتسَبة، ثم ناقِشهم في أثر فقد الذَّرَّة للإلكترونات، وتناقص قُطْر الأيون الموجب بزيادة عدد الإلكترونات المفقودة.

مثال إضافي

- وضِّح أثر شحنة النواة الفعّالة في حجوم ذرّات العناصر الآتية:

$_{9}F$, $_{8}O$, $_{7}N$

الحل:

بزيادة العدد الذَّرِّي لعناصر الدورة الواحدة تزداد شحنة النواة الفعّالة، ويقل الحجم الذَّرِّي.

أفكّرُ

أيون F^{-1} أكبر حجمًا من أيون Na^{+1} بالرغم من امتلاك الأيونين التوزيع الإلكتروني نفسه، فإنَّ عدد البروتونات الموجبة في أيون الصوديوم أكبر من عددها في أيون الفلور؛ ما يزيد من جذب الإلكترونات، فيقل حجمها.

طريقة أُخرى للتدريس — نصف القُطْر الأيوني

بناء نموذج.

- اطلب إلى 3 طلبة عمل حلقة دائرية بشبك أيديهم بعضها ببعض، ثم اطلب إلى اثنين آخرين الانضمام إلى الحلقة، ثم اطلب إلى اثنين آخرين أيضًا الانضمام إلى الحلقة، ثم اسأل الطلبة:
  - أيُّ حلقات الطلبة أكبر؟ **إجابة مُحتمَلة:** المجموعة الأخيرة (7 طلبة).
  - أيُّ حلقات الطلبة أصغر؟ **إجابة مُحتمَلة:** المجموعة الأولى (3 طلبة).
  - ما العلاقة بين أعداد الطلبة وحجم الحلقات الدائرية؟ **إجابة مُحتمَلة:** العلاقة طردية؛ فكلَّما زاد عدد الطلبة زاد حجم الحلقات الدائرية.
  - إذا كان عدد الطلبة يُمثِّل إلكترونات التكافؤ، وحجم الشكل الدائري يُمثِّل الحجم الأيوني، فما العلاقة بين عدد إلكترونات التكافؤ والحجم الأيوني؟ **إجابة مُحتمَلة:** العلاقة طردية؛ فكلَّما زاد عدد إلكترونات التكافؤ زاد التنافر بينها، ثم زاد الحجم الأيوني.
- أخبر الطلبة أنَّ الأيونات السالبة أكبر حجمًا من ذرّاتها، بسبب زيادة التنافر بين إلكترونات التكافؤ، وأنَّ الأيونات الموجبة تكون دائمًا أصغر حجمًا من ذرّاتها المتعادلة، بسبب فقدان إلكترونات من مستوى الذَّرَّة الخارجي، فيزداد جذب الإلكترونات المتبقية بواسطة النواة.

✓ **أتحقَّق:** حجم أيون الأكسجين O^{-2} أكبر من حجم ذرَّته.

◄ استخدام الصور والأشكال:

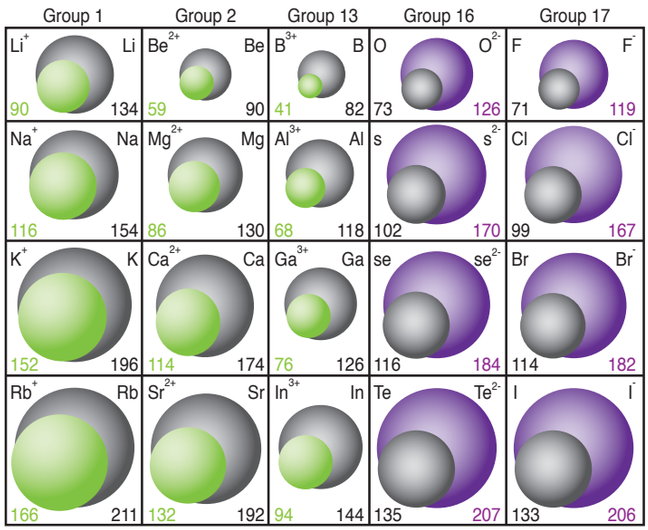
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10) الذي يُمثِّل حجوم الأيونات الموجبة والأيونات السالبة التي وحدة ذَرّاتها (pm)، ثم اسألهم:
  - ماذا ينتج من مقارنة الحجم الأيوني للمغنيسيوم الثنائي الموجب بذَرَّته؟
  - ماذا ينتج من مقارنة أيون اليود الأحادي السالب بذَرَّته؟
- وجِّه الطلبة إلى دراسة المثال (9) والمثال (10).
- بيِّن للطلبة التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من أيون البوتاسيوم الأحادي الموجب، وذَرَّته، وأيون الكلور الأحادي السالب وذَرَّته. وكذلك تأثير عدد المستويات الرئيسة الممتلئة بالإلكترونات في حجم الأيون، مُفسِّرًا العلاقة بين عدد إلكترونات المستوى الخارجي للأيون وحجمه.

◄ المناقشة:

- ناقِش الطلبة في حل المثال (11)، ثم اطلب إليهم حل مثال إضافي.

مثال إضافي

- رتِّب ما يأتي تصاعديًّا:
  - أيون موجب، أيون سالب، ذَرَّة متعادلة.
  - ثم اكتبها بوصفها قاعدة عامة.
- **فسِّر**: كسب الإلكترونات يؤدي إلى زيادة حجم الأيون.



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

المثالُ 10

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

الحلُّ:

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

التجربة 1

الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ

المدة الزمنية لإجراء التجربة: (15 دقيقة).

الهدف: بيان علاقة الحجم الأيوني بالعدد الذَّرِّي.

المهارات العلمية: المقارنة، الوصف، التفسير، التنبُّؤ.

المواد والأدوات: ورق رسم بياني، أقلام تلوين، ورق أبيض (A4).

خطوات العمل:

1. استخدم ورق الرسم البياني في كتاب الانشطة والتجارب العلمية؛ ثم اطلب إلى الطلبة عمل تمثيل نقطي لنصف القُطْر الأيوني مقابل العدد الذَّرِّي، وتحديده على الرسم البياني على نحوٍ واضح دقيق.
2. وجِّه الطلبة إلى الوصل بين نقاط الرسم باليد، وعدم استعمال المسطرة؛ على أنْ يمرَّ الخط المرسوم بأكبر عدد من النقاط المُمثَّلة.
3. اطلب إلى الطلبة استعمال ألوان مختلفة: لون للمجموعة الواحدة، ولون آخر للدورة الواحدة.

النتائج المتوقعة:

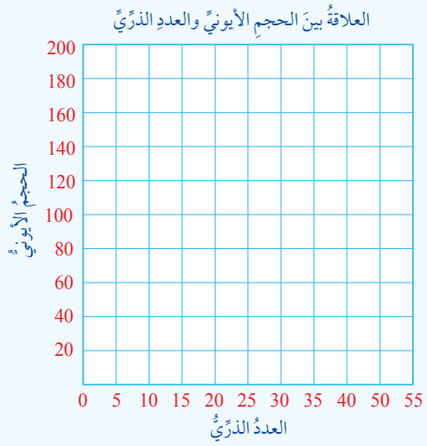
رسومات مختلفة.

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. **أقارن:** حجم الذَّرَّة أكبر من حجم أيونها الموجب، وأصغر من حجم أيونها السالب.
2. تتناقص أنصاف أقطار الأيونات في الدورة الواحدة على مرحلتين؛ الأولى: تناقص أيونات عناصر المجموعة الأولى، والثانية، والثالثة. الثانية: تناقص أيونات عناصر المجموعة الخامسة، والسادسة، والسابعة.
3. تزداد أنصاف أقطار الأيونات في المجموعة الواحدة بالانتقال من أعلى إلى أسفل.
4. تتناقص حجوم الأيونات الموجبة لفقدها الإلكترونات؛ ما يؤدي الى تقليل التنافر بين إلكترونات التكافؤ، أو نقصان عدد المستويات الرئيسة. أمّا الأيونات السالبة فيزداد حجمها لزيادة عدد إلكترونات التكافؤ، وزيادة التنافر بين الإلكترونات.
5. إجابات مُحتمَلة.

التجربة 1

الاتجاهاتُ الدوريةُ في الحجومِ الأيونيةِ



الموادُّ والأدواتُ: ورقُ رسمٍ بيانيٍّ، أقلامُ تلوينٍ.

خطواتُ العملِ:

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

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

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

49

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

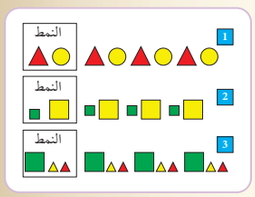
الرقم	المعيار	نعم	لا
1	يُوضِّح المقصود بالمُركَّبات الأيونية.		
2	يرسم العلاقة بين نصف القُطْر الأيوني والعدد الذَّرِّي بيانيًّا بصورة صحيحة.		
3	يتوصَّل إلى العلاقة بين حجوم الذّرّات وأيوناتها.		
4	يُفسِّر تفسيرًا صحيحًا سبب التغيُّر في حجوم الأيونات في المجموعة الواحدة.		
5	يُدوِّن النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
6	يعرض النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
7	يُفسِّر سبب عدم توصيل المُركَّبات الأيونية الصُّلْبة للتيار الكهربائي.		

طريقة أُخرى للتدريس — طاقة التأيُّن

- ذكِّر الطلبة بمفهوم الأيون، ثم اطلب إليهم قراءة تعريف طاقة التأين: «الحد الأدنى من الطاقة لنزع الإلكترون الأبعد عن النواة في الحالة الغازية للذَّرَّة، أو الأيون».
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - أيُّهما أسهل: نزع الإلكترون من الذَّرَّة أم من الأيون؟
  - أيُّهما أسهل: نزع الإلكترون من فَلك s3 أم من فَلك p2؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى العلاقة بين طاقة التأين والحجم الذَّرِّي.

ربط الكيمياء بالرياضيات

- راجِع الطلبة في ما درسوه عن الأنماط في الرياضيات كما في الشكل المجاور.



- بيِّن للطلبة أنَّ صفات العناصر تتكرَّر في المجموعة الواحدة والدورة الواحدة، مثل النمط في علم الرياضيات، عند تكرار شكل، أو متسلسلة رقمية بقاعدة معينة.
- أخبر الطلبة أنَّ علم الكيمياء وظَّف قاعدة النمط في الاستقصاء، والتنبُّؤ بخصائص عنصر ما عن طريق خصائص الدورة، أو المجموعة التي يقع فيها؛ لتكرار الصفات فيها بشكل دوري.

إجابة سؤال الشكل (11):

الفَلك الخارجي في المغنيسيوم $3s^2$ ؛ أيْ ممتلئ؛ لذا يلزم توافر طاقة أعلى لنزع إلكترون من s؛ لأنَّه أكثر استقرارًا $3P^1$ في الألمنيوم.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد بعض الطلبة أنَّ صفات جميع العناصر في المجموعة الواحدة والدورة الواحدة متشابهة، بناءً على تكرار الصفات الدورية لعناصر الجدول الدوري؛ لذا أخبرهم أنَّه توجد بعض الاستثناءات التي تظهر بوصفها هوية فريدة تُميِّز عنصرًا ما، وتُحيِّده عن القاعدة النمطية ليكون استثناءً، وما أكثرها في علم الكيمياء!

الربطُ بالرياضيات

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

طاقةُ التأيُّنِ Ionization Energy

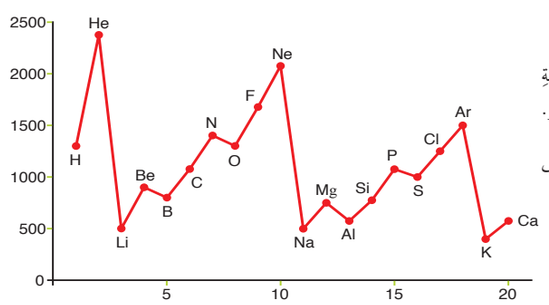
إنَّ عمليةَ تحوُّلِ الذرَّةِ المُتعادِلةِ إلى أيونٍ موجبٍ عنْ طريقِ فقْدِها إلكترونًا واحدًا أوْ أكثرَ منْ إلكتروناتِ التكافؤِ تتطلَّبُ تزويدَ الذرَّةِ بطاقةٍ كافيةٍ لنقلِ الإلكترونِ إلى المستوى اللانهائي، حيثُ يفقدُ ارتباطَهُ بها، ولا يكونُ لها أيُّ تأثيرٍ فيهِ.

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

يُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

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



الشـكلُ (11): قيـمُ طاقـةِ التأيُّـنِ لعـددٍ مـنَ العناصرِ.

أُفسِّرُ: طاقـةُ تأيُّنِ Mg أعلى منْ طاقـةِ تأيُّنِ Al.

استخدام الصور والأشكال:

- اطلب إلى الطلبة قراءة قيم طاقة التأين لعدد من العناصر الواردة في الشكل (11).
- شارِك الطلبة في قراءة قيم طاقة التأين لكلٍّ من العناصر الآتية: الكبريت، والأرغون، والكربون. ثم اسألهم:
  - ماذا تُسمّى الطاقة اللازمة لنزع إلكترون من ذَرَّة متعادلة؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى المفهوم الصحيح.
- بيِّن للطلبة أنَّ الذَّرَّة عندما تفقد إلكترونًا أو تكتسب إلكترونًا، فإنَّها تصبح أيونًا، وأنَّ الإلكترون يرتبط بالنواة بقوة تتناسب طرديًّا مع الشحنة الموجبة للنواة، وأنَّه يُعبَّر عن هذه الطاقة بوحدة كيلو جول/ مول.
- فسِّر للطلبة سبب زيادة طاقة التأين للعناصر النبيلة مقارنةً بالعناصر الأُخرى.

ينطبق هذا التفسير على الحالات الشاذة في طاقات التأين بين عناصر المجموعة الثانية والمجموعة الثالثة)، وعناصر المجموعة الخامسة والمجموعة السادسة. - وضِّح للطلبة معنى الرموز الآتية الواردة في حاشية الكتاب: ط1، ط2، ط3، ثم اسألهم:

ماذا تُسمّى الطاقة اللازمة لنزع إلكترون من أيون أحادي أو ثنائي موجب؟

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

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

يُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

ويُعبَّرُ عنْ طاقةِ التأيُّنِ الثالثةِ بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

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

أفكّرُ قيمُ طاقةِ التأيُّنِ للمغنيسيوم $_{12}Mg$ هيَ كما يأتي:
ط1 = 738، ط2 = 1451، ط3 = 7730، ط4 = 10540.
a. أكتبُ معادلةً تُمثِّلُ طاقةَ التأيُّنِ الثانيةِ.
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.

الألفةُ الإلكترونيةُ Electron Affinity

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

أفكّرُ

لأنَّ طاقة التأين الثالثة تعني الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من أيون المغنيسيوم Mg^{+2} ، الذي يُشبِه توزيعه الإلكتروني التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل Ne.

أتحقَّق: He>Ne>C>Li>Na

بناء المفهوم:

الألفة الإلكترونية.

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

بما أنَّ عملية نزع الإلكترون تحتاج إلى طاقة، فما الذي يحصل عند إضافة إلكترون إلى الذَّرَّة؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى مفهوم الألفة الإلكترونية، وأنَّها من الخواص التي تتغير في الجدول الدوري، وأنَّ لمعظم العناصر قيم ألفة إلكترونية سالبة.
- ذكِّر الطلبة بما تعلَّموه عن طاقة التأين، ثم اسألهم:

– إذا وضعت كتابًا في حقيبتك المدرسية الثقيلة، فماذا سيحدث لطاقتك؟

اقبل الإجابات المعقولة والصحيحة، وهي:

ستقل طاقتي، أو ستنفد طاقتي.

ثم اسأل الطلبة:

– ماذا سيحدث لطاقة الذَّرَّة عند إضافة إلكترون إلى أحد مستويات الطاقة؟

- اطلب إلى أحد الطلبة كتابة تعريف الألفة الإلكترونية على اللوح، وكذلك المعادلة العامة التي تُمثِّل الألفة الإلكترونية للعنصر الافتراضي (M) في الحالة الغازية.

تعزيز:

- اكتب على اللوح معادلات التأين الثلاث العامة الواردة في الكتاب، ثم شارِك الطلبة في تحديد موقع الطاقة في معادلات التأين السابقة.
- فسِّر للطلبة سبب وجود الطاقة في معادلات التأين.

توظيف التكنولوجيا

- ابحث في المواقع الإلكترونية المناسبة عن مقاطع فيديو تعليمية، أو عروض تقديمية جاهزة عن موضوع الاستثناءات لقيم طاقة التأين لكلٍّ من العناصر الآتية، وتفسيرها، علمًا بأنَّه يُمكِنك إعداد عروض تقديمية تتعلَّق بموضوع الدرس: الأكسجين، والنيتروجين، والمغنيسيوم، والألمنيوم.
- شارِك الطلبة في هذه المواد التعليمية عن طريق الصفحة الإلكترونية للمدرسة، أو تطبيق التواصل الاجتماعي (الواتس آب)، أو إنشاء مجموعة على تطبيق (Microsoft teams)، أو استعمِل أيَّ وسيلة تكنولوجية مناسبة بمشاركة الطلبة وذويهم.

◄ بناء المفهوم:

السالبية الكهربائية.

- وضِّح للطلبة أنَّه يُمكِن حساب السالبية الكهربائية للعناصر، والتعبير عنها بوحدات مطلقة بمقياس باولنج للسالبية الكهربائية، وأنَّه تُوصِّل إلى هذا المقياس العددي بناءً على عوامل عِدَّة تتضمَّن طاقات التأين للعناصر.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (١٢) الذي يُمثِّل قيم السالبية الكهربائية لعدد من عناصر الجدول الدوري، ثم اسألهم عن التدرُّج في السالبية الكهربائية للمجموعة الواحدة والدورة الواحدة.
- اطلب إلى أحد الطلبة قراءة تعريف السالبية الكهربائية قراءة جهرية، مستعينًا بقيم السالبية الكهربائية.
- فسِّر سبب قيمة السالبية الكهربائية العالية للفلور، والعلاقة بين نصف قُطْر الذَّرَّة وقدرتها على جذب الإلكترونات المشتركة إليها.
- ناقِش الطلبة في سبب تفاعل عنصرين يوجد فرق كبير في قيم السالبية الكهربائية لهما .

إجابة سؤال الشكل (12):

العلاقة بين قيم السالبية الكهربائية والحجم الذَّرِّي علاقة عكسية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يخطئ الطلبة في تعريف مفهوم الألفة الإلكترونية، ومفهوم السالبية الكهربائية؛ لذا تأكَّد من ثبات هذين المفهومين في أذهان الطلبة عن طريق التقويم التكويني المستمر؛ بأنَّ الألفة الإلكترونية مفهوم يشير إلى الذَّرَّة المفردة، وأنَّ السالبية الكهربائية مفهوم يشير إلى الذَّرَّة المرتبطة بغيرها من العناصر.

✓ **أتحقَّق:** O>N>S>Na

الحالةِ الغازيةِ اسمُ الألفةِ الإلكترونيةِ، ويُعبَّرُ عنها بالمعادلةِ الآتيةِ:

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

السالبيةُ الكهربائيةُ Electronegativity

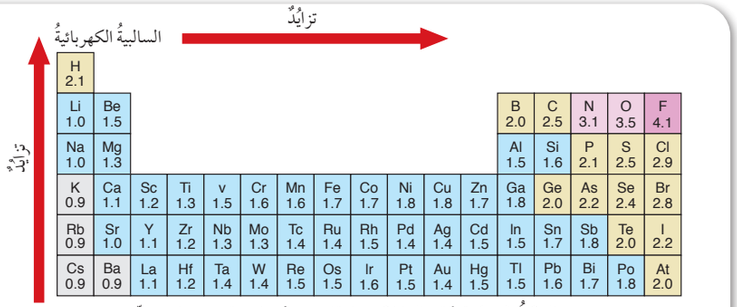
تميلُ بعضُ الذرّاتِ إلى التشاركِ معَ ذرّاتٍ أُخرى عنْ طريقِ مساهمةِ كلٍّ منْها في عددٍ منَ الإلكتروناتِ، وتتنافسُ الذرّاتُ لجذبِ إلكتروناتِ الرابطةِ إليْها.

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، وتزدادُ في المجموعةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ الأسفلِ إلى الأعلى.

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

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

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



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

الشكلُ (12): قيمُ السالبيةِ الكهربائيةِ لعددٍ منْ عناصرِ الجدولِ الدوريِّ.
أستنتجُ العلاقةَ بينَ قيمِ السالبيةِ الكهربائيةِ والحجمِ الذرِّيِّ للعنصرِ.

معلومة إضافية

نموذج التدرُّج الدوري ثلاثي الأبعاد (3D PERIODIC TREND MODEL)

- وجِّه الطلبة إلى البحث في الموقع الإلكتروني الآتي عن وسائل بصرية لجدول دوري يُوضِّح اتجاهات التزايد، والتناقص (التدرُّج) لنصف القُطْر، والسالبية الكهربائية، وطاقة التأين الأول للعناصر: https://www.rsc.org/periodic-table/trends
- اطلب إلى الطلبة عرض نتائج البحث أمام الزملاء.

مراجعةُ الدرسِ

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

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

2 – مستعينًا بالجدولِ الدوريِّ وترتيبِ العناصرِ فيهِ، أُجيبُ عنِ الأسئلةِ الآتيةِ:

أ – **أُفسِّرُ:** لماذا يكونُ الحجمُ الذرِّيُّ للأكسجينِ أصغرَ منْهُ لذرَّةِ الكربونِ؟

ب – **أُفسِّرُ:** لماذا تكونُ طاقةُ التأيُّنِ الأولى للصوديومِ أكبرَ منْها للبوتاسيومِ؟

جـ – **أستنتجُ:** أيُّ الأيوناتِ الآتيةِ أكبرُ حجمًا: N^{3-}، أمْ O^{2-}، أمْ F^{1-}؟

د – **أستنتجُ:** أيُّ العناصرِ الآتيةِ طاقةُ تأيُّنِهِ الثانيةُ أعلى: Mg، أمْ N، أمْ S؟

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

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

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

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

3 – أكتبُ معادلةً كيميائيةً تُمثِّلُ:

أ – اكتسابَ ذرَّةِ عنصرٍ طاقةً لفقْدِ إلكترونٍ واحدٍ.

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

4 – **أُفكِّرُ:** لماذا تكونُ طاقةُ تأيُّنِ العنصرِ $_7N$ أعلى منْها للعنصرِ $_8O$ بالرغمِ منْ أنَّ العددَ الذرِّيَّ N أصغرُ منَ العددِ الذرِّيِّ O؟

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

4 الفَلك الخارجي في النيتروجين $2p^3$ يمتلك 3 إلكترونات منفردة؛ أيْ إنَّه نصف ممتلئ؛ لذا يحتاج إلى طاقة أعلى لنزع إلكترون من أفلاك p؛ لأنَّه أكثر استقرارًا من الفَلك $2p^4$ في الأكسجين.

5 العلاقة طردية.

مراجعة الدرس

1 **الفكرة الرئيسة:**

نصف القُطْر الذَّرِّي: نصف المسافة الفاصلة بين ذَرَّتين مُتجاوِرتين في البلّورة الصُّلْبة لعنصر الفلزِّ.

طاقة التأين: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون الأبعد عن النواة في الحالة الغازية للذَّرَّة أو الأيون.

الألفة الإلكترونية: مقدار التغيُّر في الطاقة المُقترِن بإضافة إلكترون إلى الذَّرَّة المُتعادِلة في الحالة الغازية.

السالبية الكهربائية: قدرة الذَّرَّة على جذب إلكترونات الرابطة إليها.

2 أ – قوة جذب الإلكترونات في الأكسجين أعلى منها في الكربون، بسبب شحنة النواة الموجبة العليا في الأكسجين.

ب – بسبب صغر حجم ذَرَّة الصوديوم مقارنةً بذَرَّة البوتاسيوم؛ لذا تحتاج الإلكترونات في المستوى الخارجي إلى طاقة أعلى لنزعها.

جـ – N^{-3}.

د – S.

هـ – N.

و – C.

ز – بسبب التنافر بين إلكترونات المستوى الخارجي الناتج من زيادة عدد الإلكترونات فيه.

ح – تميل عناصر المجموعة الأولى إلى فقد الإلكترون في مستواها الخارجي للوصول إلى الحد الأدنى من الطاقة.

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

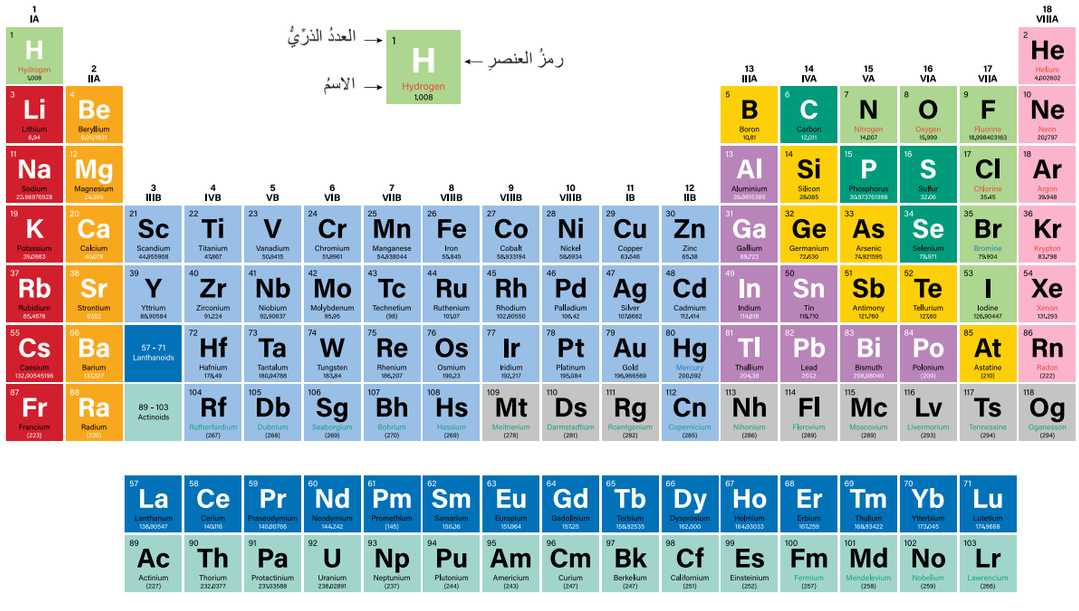
ب – $A_{(g)} + e^- \rightarrow A^-_{(g)} + \text{طاقة}$

- يعتمد ترتيب العناصر في الجدول الدوري على تزايد الأعداد الذرّية، والخصائص الكيميائية للعناصر.
- وجّه الطلبة إلى الاطّلاع على الجدول الدوري، ثم ناقشهم في ترتيب العناصر فيه، وفي الأسس التي يقوم عليها.

المناقشة:

الجدولُ الدوريُّ للعناصرِ

54



مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ
Atomic Force Microscope :AFM

- أخبر الطلبة أنَّ من أهم أسباب تطوُّر العلوم استعمال تقنيات التصوير الدقيقة من مجاهر إلكترونية وميكروسكوبات.
- ناقِش الطلبة في مسألة تطوُّر العلوم المتسارع في الآونة الأخيرة، وصولًا إلى تقنية النانو واستخداماتها الكبيرة في مختلف مجالات الحياة.
- اطلب إلى الطلبة قراءة النص المرفق، وتعرُّف أقسام الميكروسكوبات الحديثة وبعض أنواعها.

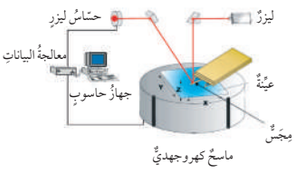
استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى الربط بين النص المرفق والأشكال التي تُبيِّن أجزاء مجهر القوة الذَّرِّية، وتعرُّف مبدأ عمله، ووظيفة كل جزء في إنتاج صور دقيقة للمركبات والجزيئات والروابط بينها.
- ناقِش الطلبة في أهمية ما يقوم به العلماء من تجارب واختراعات تُسهِم في خدمة البشرية، وتجعل الحياة أكثر سهولة ومتعة.

الإثراءُ والتوسعُ

مِجْهرُ القُوَّةِ الذرِّيةِ
Atomic Force Microscope :AFM

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

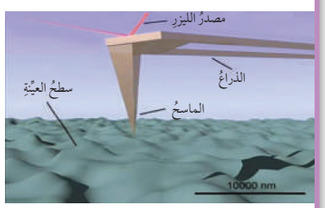


بوجهٍ عامٍّ، تُصنَّفُ الميكروسكوباتُ النانويةُ إلى نوعيْنِ، هما:

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

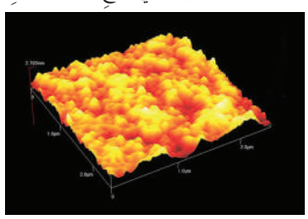
b. ميكروسكوباتُ المجسّاتِ الماسحةِ SPM، مثلُ: الميكروسكوبِ النفقيِّ الماسحِ STM، وميكروسكوبِ القُوَّةِ الذرِّيةِ AFM.

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



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

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



صورةٌ ثلاثيةُ الأبعادِ لمُركَّبِ الفلورو إيثانِ منْ مِجْهرِ القُوَّةِ الذرِّيةِ.

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

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

أبحث اطلب إلى الطلبة البحث عن استخدامات تقنية النانو، ودورها في اكتشاف خصائص الذَّرّات.

مراجعةُ الوحدةِ

1. شحنة النواة الفعالة: القدرة الفعلية للبروتونات الموجبة في النواة على جذب إلكترونات المستوى الخارجي (إلكترونات التكافؤ) نحوها، بعد تأثير الإلكترونات الحاجبة.
الحجم الأيوني: حجم الأيون الناتج من زيادة عدد الإلكترونات أو نقصانها.
طاقة التأين الثانية: الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون من الأيون الأحادي الموجب في الحالة الغازية.

2. $Cu : [Ar]\ 4s^1\ 3d^{10}$
$Ge : [Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$
$Mn : [Ar]\ 4s^2\ 3d^5$
$S : [Ne]\ 3s^2\ 3P^4$

أ . Cu: الدورة الرابعة، المجموعة 1B
Ge: الدورة الرابعة، المجموعة 4A
Mn: الدورة الرابعة، المجموعة 7B
S: الدورة الثالثة، المجموعة 6A

ب. S 2 . Mn 5 . Ge 2 . Cu 0.

جـ. عدد إلكترونات التكافؤ في S هو 6

د . 3 إلكترونات (إلكترون في 4s، وإلكترونان في 4p).

هـ. 4 إلكترونات (إلكترون في 3s، وثلاثة إلكترونات في 3p).

و . $Mn^{+4} : [Ar]\ 3d^3$. $S^{-2} : [Ar]$.

3. أ . $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$.
ب. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^1\ 3d^5$.
جـ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^2\ 3d^{10} 4p^2$.
د . $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^2$.
هـ. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^2\ 3d^{10} 4p^6\ 5s^1\ 4d^5$.

4. (Na) ، (Si) ، (Cl)

5. (Ca^{+2}) ، (S) ، (Mg^{+2}).

6. (Na) ، (N) ، (He).

7. أ . بسبب زيادة شحنة النواة الفعالة في الدورة الواحدة بالانتقال من اليسار إلى اليمين.
ب . بسبب زيادة الحجم الذَّرِّي لعناصر المجموعة الواحدة بالانتقال من الأعلى إلى الأسفل.
جـ. بسبب زيادة التنافر بين إلكترونات المستوى الخارجي الناتجة من كسب الإلكترونات.

8. أ .
Z: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 4s^1\ 3d^5$
Y: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$
M: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

ب .
U: 4(4B)
X: 17(7A)
V : 1(1A).

مراجعةُ الوحدةِ

1. **أُوضِّحُ** المقصودَ بالمفاهيمِ والمصطلحاتِ الآتيةِ:
شحنةُ النواةِ الفعّالةُ، الحجمُ الأيونيُّ، طاقةُ التأيُّنِ الثانيةُ.

2. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلِّ عنصرٍ منَ العناصرِ الآتيةِ: S، Mn، Ge، Cu بدلالةِ العنصرِ النبيلِ المناسبِ لكلٍّ منْها، ثمَّ أُجيبُ عمّا يأتي:
أ . ما رقمُ الدورةِ ورقمُ المجموعةِ لكلِّ عنصرٍ منْ هذهِ العناصرِ؟
ب . ما عددُ الإلكتروناتِ المنفردةِ في ذرَّةِ كلٍّ منْها؟
جـ . ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ في ذرَّةِ العنصرِ S؟
د . ما أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي لها اتجاهُ الغزلِ نفسُهُ في المستوى الخارجيِّ لذرَّةِ Ge؟
هـ . ما أكبرُ عددٍ منَ الإلكتروناتِ التي لها اتجاهُ الغزلِ نفسُهُ في ذرَّةِ S؟
و . أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منْ: S^{2-}، وَ Mn^{4+}.

3. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لعنصرٍ:
أ . منَ الدورةِ الثالثةِ، والمجموعةِ الرابعةَ عشرةَ.
ب. منَ الدورةِ الرابعةِ، والمجموعةِ السادسةِ B.
جـ. ينتهي توزيعُهُ الإلكترونيُّ بالمستوى الفرعيِّ $4P^2$.
د . ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثنائيِّ السالبِ بالمستوى الفرعيِّ $3p^6$.
هـ. ينتهي التوزيعُ الإلكترونيُّ لأيونِهِ الثلاثيِّ الموجبِ بالمستوى الفرعيِّ $4d^3$.

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

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

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

7. **أُفسِّرُ:**
أ . تتناقصُ حجومُ الذرّاتِ في الدورةِ الثالثةِ بالاتجاهِ منَ اليسارِ إلى اليمينِ في الجدولِ الدوريِّ.
ب. تتناقصُ طاقةُ تأيُّنِ عناصرِ المجموعةِ الواحدةِ بالاتجاهِ منَ الأعلى إلى الأسفلِ في الجدولِ الدوريِّ.
جـ. تزدادُ حجومُ الأيوناتِ السالبةِ مقارنةً بحجومِ ذرّاتِها.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

د. أيُّ العنصرينِ حجمُهُ الذرّيُّ أكبرُ: O أمْ Cl؟

هـ. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثانيةٍ؟

و. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى سالبيةٍ كهربائيةٍ؟

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

ط1= 900، ط2 = 1757 ،

ط3 = 14850، ط4 =21007

أ. أُحدّدُ رقمَ مجموعةِ العنصرِ X.

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

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

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

أ. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لذرَّةِ العنصرِ X.

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

جـ. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أعلى طاقةِ تأيُّنٍ ثالثةٍ؟

د. أيُّ هذهِ العناصرِ لهُ أقلُّ طاقةِ تأيُّنٍ؟

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

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

12. تُستخدَمُ مُركَّباتُ الباريومِ ومُركَّباتُ اليودِ بوصفِها موادَّ تباينٍ (مُظلِّلةً) في التصويرِ بالأشعةِ السينيةِ الملونةِ لبعضِ الأعضاءِ الداخليةِ والأوعيةِ الدمويةِ في الجسمِ، فهيَ تُكسِبُها لونًا مُميِّزًا؛ ما يجعلُ تصويرَها واضحًا. أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الباريومِ (Ba) واليودِ (I)، ثمَّ أُحدِّدُ موقعَ كلٍّ منْهُما (رقمَ الدورةِ، ورقمَ المجموعةِ) في الجدولِ الدوريِّ.

9 أ . Mg = 0 , Cl = 1 , N = 3

ب . V^{+2}: [Ar] $3d^3$

جـ . Na.

د . Cl.

هـ . Na.

و . O.

10 أ . المجموعة الثانية.

ب . X^{+1}: $1s^2\ 2s^1$.

11 أ . X: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$.

ب . Y: 14(4A) , D: 1A , R :16(6A).

جـ . M.

د . Y.

هـ . D.

و . رسم بياني.

12 $_{56}Ba$: [Xe] $6s^2$ ، من عناصر الدورة 6 والمجموعة 2A.

$_{53}I$: [Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^5$، من عناصر الدورة 5 والمجموعة 17(7A).

جـ . 31.

د . 3 إلكترونات منفردة.

هـ . E:3 , Y:2 , X:7.

و . (V).

ز . (M).

ح . (E).

13 1. 4p

2. 16 بروتونًا.

3. d.

4. 6 إلكترونات.

5. Si.

6. Ca

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

8. الألفة الإلكترونية للأكسجين.

مراجعةُ الوحدةِ

13. أضعُ دائرةً حول رمزِ الإجابةِ الصحيحةِ لكلّ جملةٍ ممّا يأتي:

1. المستوى الفرعيُّ الذي يُملأُ أولًا بالإلكتروناتِ هوَ:

أ . 4d. ب. 4P.

جـ. 5P. د . 5S.

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

أ . (6) بروتوناتٍ. ب. (8) بروتوناتٍ.

جـ. (16) بروتونًا. د . (24) بروتونًا.

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

أ . S. ب. P.

جـ. d. د . f.

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

أ . إلكترونانِ. ب. (4) إلكتروناتٍ.

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

5. أصغرُ ذرَّةٍ حجمًا منَ الذرّاتِ الآتيةِ هيَ:

أ . $_{14}Si$ ب. $_{16}S$

جـ. $_{20}Ca$ د . $_{32}Ce$

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

أ . $_{17}Cl$ ب. $_{13}Al$

جـ. $_{19}K$ د. $_{20}Ca$

7. المعادلةُ التي تُمثِّلُ طاقةَ التأيُّنِ الرابعةَ للمغنيسيومِ هيَ:

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

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

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

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

8. تشيرُ الطاقةُ في المعادلةِ $O_{(g)} + e \rightarrow O^-_{(g)} + 141\ kj/mol$ إلى:

أ . طاقةِ التأيُّنِ للأكسجينِ.

ب. الكهروسلبيةِ للأكسجينِ.

جـ. الألفةِ الإلكترونيةِ للأكسجينِ.

د. طاقةِ التأيُّنِ الثانيةِ للأكسجينِ.

الوحدة الثالثة: المركبات والروابط الكيميائية
Compounds and Chemical Bonds

تجربة استهلالية: الروابط في المركبات التساهمية.

الدرس	نتاجات التعلُّم	الأنشطة والتجارب	عدد الحصص
الدرس الأول: **الروابط الكيميائية وأنواعها.**	• يكتب رموز لويس لبعض الذَّرّات وبعض الجزيئات. • يُبيِّن الرابطة الكيميائية التي تتكوَّن نتيجة القوى بين الذَّرّات في المركب. • يتعرَّف كيف تتكوَّن الرابطة الأيونية. • يتمكَّن من تصميم وسيلة لشرح كيف تتكوَّن الرابطة الأيونية. • يتعرَّف كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية. • يتعرَّف أنواع الروابط التساهمية)سيجما، وباي(.		3
الدرس الثاني: **الصيغ الكيميائية وخصائص المركبات.**	• يكتب الصيغة الكيميائية لبعض المركبات الجزيئية والأيونية متعددة التكافؤ، ويُسمّيها. • يتعرَّف كيف تتكوَّن الرابطة الفلزية. • يستقصي خصائص المركبات الجزيئية. • يُفسِّر كيف تعتمد الخصائص الفيزيائية للمواد)مثل: الذائبية، ودرجة الغليان، ودرجة الانصهار، والصلابة، والموصلية الكهربائية(على نوع الروابط بين ذَرّاتها. • يتنبَّأ بنوع الروابط المُتكوِّنة من اتحاد العناصر بعضها ببعض عن طريق قيم الكهروسلبية للذَّرّات.		3

النتاجات السابقة واللاحقة المُتعلِّقة بالوحدة الثالثة: المركبات والروابط الكيميائية.

النتاجات السابقة	الصف	النتاجات اللاحقة	الصف
• يكتب رموز لويس لبعض الذَّرّات.	الثامن	• يُمثِّل الروابط التساهمية في بعض الجزيئات. • يُميِّز بين نوعي الروابط التساهمية: سيجما، وباي.	الحادي عشر

المُركَّباتُ والروابطُ الكيميائيةُ
Compounds and Chemical Bonds

أتأمَّلُ الصورةَ

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

المركبات والروابط الكيميائية
Compounds and Chemical Bonds

أتأمَّل الصورة

وجِّه الطلبة إلى تأمُّل صورة الوحدة، ثم اسألهم:

- كيف ترتبط الذَّرّات بعضها ببعض؟

ترتبط الذَّرّات بعضها ببعض بروابط كيميائية، هي:

- الروابط الأيونية.
- والروابط التساهمية.
- والروابط الفلزية.

- ما الذي ينشأ عن ارتباط الذَّرّات بعضها ببعض؟

مركبات متنوعة.

- وضِّح للطلبة أنَّ خصائص المركبات الفيزيائية والكيميائية تختلف باختلاف نوع الروابط وقوتها بين ذَرّاتها.
- بيِّن للطلبة أنَّ ارتباط الذَّرّات بعضها ببعض يُشبِه ارتباط طوب البناء بعضه ببعض باستعمال الأسمنت، فينشأ البناء بالأشكال المختلفة التي نراها.

الفكرة العامة:

- مَهِّد للوحدة بمراجعة الطلبة في التوزيع الإلكتروني لـذَرّات العنـاصر الممثلة، ورقـم الـدورة، ورقـم المجموعة، وعدد إلكترونات تكافئها وموقعها في الجدول الدوري.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما المقصود بقاعدة الثمانية؟

ميل ذَرّات العنـاصر إلى فقد الإلكترونات، أو اكتسابهـا، أو المشاركـة فيها؛ لإكمـال مستواها الخارجي بثمانية إلكترونات، ليصبح لها تركيب إلكتروني مُشابِه لأقرب غاز نبيل لها. ويُستثنى من هذه القاعدة عناصر الدورة الثانية: Li، Be، B؛ إذ يكتمل مستواها الخارجي بإلكترونين فقط، ليصبح لها توزيع إلكتروني مُشابِه لغاز الهيليوم $He\ 1S^2$

– ما أنواع الروابط الكيميائية؟

من الاجابات المُحتمَلة:

روابط تساهمية، روابط أيونية، روابط فلزية.

- وجِّه الطلبـة إلى تكوين كلمات ذات معنى من الحروف الأربعة (أ، ب، جـ، د) بوصف ذلك مثالًا على ارتباط الذَّرّات بعضها ببعض لتكوين المركبات المختلفة.
- لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة.

من الاجابات المُحتمَلة:

باجد، أجبد، جد، جاب، أب، باد، أدب.

- أخبر الطلبة أنَّهم سيدرسون في هذه الوحدة الروابط التساهمية والأيونيـة والفلزيـة، وكيفيـة تكوُّن كلٍّ منها، وخصائص المركبات الناتجة منها.

الفكرةُ العامةُ:

تعتمدُ خصائصُ المُركَّباتِ الكيميائيةِ على الروابطِ بينَ مُكوِّناتِها.

الدرسُ الأولُ: الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها.

الفكرةُ الرئيسةُ: تتنـوَّعُ الروابـطُ الكيميائيـةُ التي تربطُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ.

الدرسُ الثاني: الصيغُ الكيميائيةُ وخصائصُ المُركَّباتِ.

الفكرةُ الرئيسةُ: تـمتـازُ المُـركَّبـاتُ بصيـغٍ كيميائيةٍ مُحدَّدةٍ وخصائصَ مُتنوِّعةٍ.

60

مشروع الوحدة:

- **تصميم دليل إرشاد مائي**

وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إليهم إعداد دليل إرشاد مائي يتضمَّن تأثير الأيونات الموجودة في الجدول في صلاحية مياه الشرب، وكذلك بعض السلوكات والإرشادات التي تُسهِم في المحافظة على نوعية الماء وكميته.

- **زيارة**

أخبر الطلبة أنَّه يُمكِنهم زيارة شركة المياه، ومؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، ثم عمل برمجية تتضمَّن رصد أنواع الأيونات الموجودة في مياه الشرب بمحافظات المملكة.

تجربةٌ استهلاليّة

الروابطُ في المُركَّباتِ التساهميةِ

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

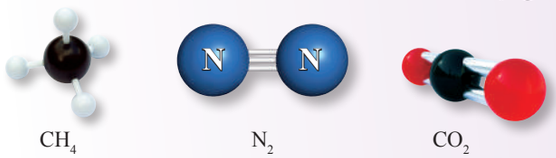
إرشاداتُ السلامةِ: أتَّبعُ إرشاداتِ الأمنِ والسلامةِ في المختبرِ.

خطواتُ العملِ:

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

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

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



CH_4 N_2 CO_2

التحليلُ والاستنتاجُ:

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

61

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

الرقم	المهمة	المعيار			
		ممتاز (4)	جيد جدا (3)	جيد (2)	مقبول (1)
1	يصمم نماذج الجزيئات بصورة صحيحة.				
2	يسجل ملاحظته بشكل منظم.				
3	يعرض النتائج التي توصل إليها بشكل صحيح.				
4	يصف النتائج التي يتوصل اليها بالاستناد إلى أسس علمية				
5	يستنتج عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في الروابط.				

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **التفكير: الإبداع.**

أخبر الطلبة أنَّ توظيف أفكار جديدة في تصميم النماذج – كما في التجربة الاستهلالية– يُنمّي مهارة الإبداع، وأنَّ الإبداع يكون باستخدام الأشياء المألوفة بطريقة غير مألوفة، أو بالقدرة على تكوين شيء جديد.

تجربة استهلالية

المدة الزمنية لإجراء التجربة 15 دقيقة

الهدف: معرفة الروابط في المركبات التساهمية.

إرشادات السلامة:

– التحقُّق من جاهزية صندوق الوصلات والروابط قبل البدء بتنفيذ التجربة.

– توجيه الطلبة إلى ضرورة الالتزام بإجراءات الأمان وإرشادات السلامة في المختبر.

المهارات العلمية:

المقارنة، الملاحظة، الاستنتاج.

الإجراءات والتوجيهات:

- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- تجوَّل بين الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- وضِّح لهم هدف كل خطوة في أثناء التنفيذ، وتأكَّد أنَّهم تمكَّنوا من نمذجة الجزيئات المطلوبة بصورة صحيحة.
- بيِّن للطلبة أنَّه يُمكِنهم استخدام نماذج من كرات صغيرة ملونة (مثل: كرات التنس، وقصبات البلاستيك) بدلًا من صندوق الكرات.
- أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج عدد إلكترونات المستوى الخارجي للعناصر المذكورة.
- نظِّم جلسة عصف ذهني للطلبة لاستنتاج مفهوم الرابطة التساهمية.

توجيه: وظِّف نتائج هذه التجربة في تعريف الطلبة بالروابط التساهمية، وكيفية تكوُّنها.

النتائج المُتوقَّعة:

1 تصاميم مختلفة لنموذج CO_2، منها ما يكون بوضع رابطة واحدة فقط بين ذرَّتي C و O.

2 وضع بعض الطلبة رابطة أحادية بين ذرَّتي N و N في جزيء N_2.

التحليل والاستنتاج:

الذَّرّات	عدد إلكترونات المستوى الخارجي (التكافؤ)	عدد الروابط التي تُكوِّنها الذَّرَّة	عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في الرابطة	عدد الإلكترونات التي تُشارِك بها الذَّرَّة
C	4	4	H- C : 1	4
O	2	2	O = C : 2	2
H	1	1	N ≡ N : 3	1
N	5	3		3

الدرسُ 1

الروابطُ الكيميائيةُ وأنواعُها
Compounds and Chemical Bonds

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- اكتب على اللوح الفكرة الرئيسة، ثم اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– إذا لم توجد روابط بين الذَّرّات، فماذا سيحدث؟

- استمِع لإجابات الطلبة كلها، ثم اكتبها على اللوح.

من الاجابات المُحتمَلة: لا توجد عناصر، لا توجد مركبات، لا توجد مواد.

- ناقِش الطلبة في إجاباتهم لاستنتاج أنَّ وجود الروابط بين الذَّرّات يؤدي إلى وجود العناصر والجزيئات والمركبات، ثم وجود المواد المختلفة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالمادة؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها.
- وضِّح للطلبة أنَّ المادة هي كل شيء يشغل حيِّزًا من الفراغ، وله كتلة، وأنَّ المواد قد توجد في إحدى الحالات الثلاث: الصُّلْبة، أو السائلة، أو الغازية، وأنَّ المواد تتكوَّن من ذَرّات يرتبط بعضها ببعض بروابط.

2 التدريس

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بتركيب لويس؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ تركيب لويس هو تمثيل نقطي لإلكترونات التكافؤ كما في الجدول (1)، وأنَّ عدد النقاط مُؤشِّر لعدد الروابط التي تُكوِّنها الذَّرَّة للوصول إلى تركيب إلكتروني مستقر مُماثِل لأقرب غاز نبيل لها.

معلومة إضافية

عدد الروابط.

- وضِّح للطلبة أنَّ بعض عناصر المجموعات قد تصنع عددًا من الروابط أكثر ممّا هو مُتوقَّع، مثل ذَرَّة الفسفور P التي تصنع ثلاث روابط كما في المركب PCl_3، وخمس روابط كما في المركب PCl_5، وأنَّ مردَّ ذلك إلى التوزيع الإلكتروني للذَّرَّة.
- أخبر الطلبة أنَّ بعض العناصر النبيلة قد تصنع روابط ضمن ظروف خاصة، فتنتج مركبات غير مستقرة، مثل عنصر الزينون Xe في مركب $XeCl_4$.

✓ **أتحقَّقُ:**

العنصر	Be	B	N	F	Li
عدد نقاط لويس	4	3	5	7	1

طريقة أخرى للتدريس

استراتيجية التعلم التعاوني:

- قسم الطلاب إلى مجموعتين رئيسيتين، وأعط كل واحد منهم

رقم مجموعة العنصر	8	7	6	5	4	3	2	1
عدد نقاط لويس	8	7	6	5	4	3	2	1
عدد الروابط الشائع	0	1	2	3	4	3	2	1

في المجموعة الأولى بطاقة مكتوب عليها رقم من (1–8) ثم أعط أفراد المجموعة الأخرى بطاقات تمثل عدد الروابط الشائعة، ثم اطلب إلى كل طالب أن يبحث عن رقم زميله في المجموعة الأخرى الذي يناسب عدد نقاط لويس. كما هو موضح في الجدول.

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

◄ نتاجاتُ التعلُّمِ:
أستقصي أنواعَ الروابطِ الكيميائيةِ، وكيفيةَ تشكُّلِها.

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:
تركيبُ لويس Lewis Structure.
الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds.
الرابطةُ الأيونيةُ Ionic Bond.
المُركَّباتُ الأيونيةُ Ionic Compounds.
الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond.
الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond.
بحرُ الإلكتروناتِ Sea of Electrons.

تركيبُ لويس Lewis Structure

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

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

الجدولُ (1): التوزيعُ الإلكترونيُّ.

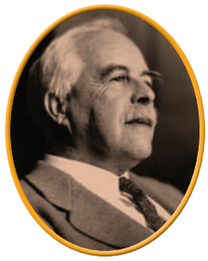
العنصرُ	العددُ الذرِّيُّ	المجموعةُ	التوزيعُ الإلكترونيُّ	تركيبُ لويس للذرَّةِ
الصوديومُ	11	IA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^1$	Na•
المغنيسيومُ	12	IIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2$	Mg
الألمنيومُ	13	IIIA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	•Al•
السليكونُ	14	IVA	$1s^2\ 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	•Si•
الفوسفورُ	15	VA	$1s^2\ 2s^2 2p^6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

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

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

الروابطُ الكيميائيةُ Chemical Bonds

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



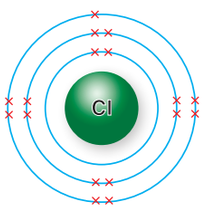
العالِمُ جيلبيرت لويس.

الرابطةُ الأيونيةُ Ionic Bond

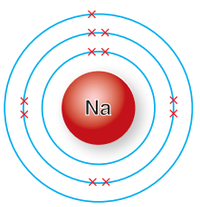
تفقدُ ذرّاتُ بعضِ العناصرِ الإلكتروناتِ، وتُكوِّنُ أيوناتٍ موجبةً، في حيـنِ تكسبُ ذرّاتُ عناصرَ أُخرى الإلكترونـاتِ، وتُكوِّنُ أيونـاتٍ سالبةً. يُطلَقُ على القُوَّةِ التي تجذبُ الأيوناتِ ذاتَ الشحناتِ المختلفةِ في المُركَّباتِ اسمُ الرابـطةِ الأيونيةِ Ionic Bond، وهيَ رابطـةٌ تنشأُ بينَ ذرّاتِ فلـزٍّ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

يُعَدُّ الكلورُ لافـلزًّا، وعددُهُ الذرِّيُّ 17؛ ما يعني أنَّـهُ يحتوي على 17 إلكترونًا، ويُمكِنُ تمثيلُـهُ بالشكلِ الآتي: ▼

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



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



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

نشاط سريع

- أشعل شريطًا من فلز المغنيسيوم (10 cm) في الهواء، ثم اطلب إلى الطلبة ملاحظة المادة البيضاء الناتجة من الاحتراق، ثم اسألهم:
  - ما المادة الناتجة؟
  - مِمَّ تتكوَّن؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها للتوصُّل إلى أنَّ المادة الناتجة هي أكسيد المغنيسيوم، وأنَّها تتكوَّن نتيجة الارتباط بين المغنيسيوم والأكسجين.
- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - كيف يحدث هذا الارتباط؟

    لا تستبعد أيًّا من إجابات الطلبة.
  - ما المقصود بالروابط الكيميائية؟

وجه الطلبة الى قراءة الإجابة من كتابهم وناقشهم فيها.

الرابطة الايونية:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - كيف يتكوَّن كلٌّ من الأيون الموجب، والأيون السالب؟
  - ما الذي يحدث بين الأيون الموجب والأيون السالب؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ ذَرَّة الفلز تفقد إلكترون تكافؤ أو أكثر فينشأ أيون موجب، وأنَّ ذَرَّة اللافلز تكتسب هذه الإلكترونات فينشأ أيون سالب، ثم يحدث تجاذب بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة يُسمّى الرابطة الأيونية، وتترتَّب الأيونات الموجبة والأيونات السالبة في شبكة بلورية كبيرة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل الذي يُمثِّل التركيب الإلكتروني لذَرَّتي Na و Cl، ثم اسألهم:
  - ما عدد إلكترونات التكافؤ في كلٍّ من الذَّرَّتين؟
  - كيف تصل هاتان الذَّرَّتان إلى حالة الاستقرار؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ عدد إلكترونات التكافؤ في ذَرَّة الصوديوم إلكترون واحد، وفي ذَرَّة الكلور سبعة إلكترونات، وأنَّ لذَرَّة الصوديوم ميلًا إلى فقد الإلكترون، في حين تميل ذَرَّة الكلور إلى اكتساب الإلكترون.

المناقشة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (1)، ثم اطرح عليهم السؤال الآتي:

  -كيف ترتبط ذَرّات الصوديوم بذَرّات الكلور في بلورة كلوريد الصوديوم؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ ذَرَّة الصوديوم تفقد إلكترون التكافؤ فينشأ Na^+، وأنَّ ذَرَّة الكلور تكتسب هذا الإلكترون فينشأ Cl^-، ثم يتجاذب الأيون الموجب مع الأيون السالب مُكوِّنًا رابطة أيونية.

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (2)، ثم ناقِشهم في ارتباط ذَرّات المغنيسيوم بالأكسجين؛ إذ تفقد ذَرَّة Mg إلكترونين فينشأ الأيون Mg^{2+}، في حين تكتسب ذَرَّة O الإلكترونين فينشأ O^{2-}، ثم يتجاذب الأيونان لتكوين الرابطة الأيونية.

أفكِّر

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

$_{16}S$: [Ne] $3s^2\ 3p^4$

ذَرَّة Al تفقد ثلاثة إلكترونات من المستوى الخارجي، فينتج Al^{3+}

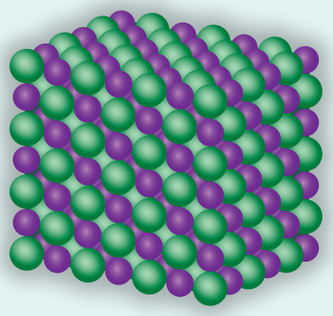
ذَرَّة S تكتسب إلكترونين من المستوى الخارجي، فينتج S^{2-}

بما أنَّ عدد الإلكترونات المفقودة يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة فإنَّه يلزم وجود ثلاثة أيونات S^{2-} لتكتسب ستة إلكترونات من أيونين من Al^{3+}؛ لذا يرتبط أيونان من Al^{3+} بثلاثة أيونات من S^{2-}.

طريقة أُخرى للتدريس

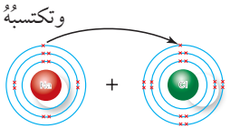
استراتيجية التعلم بالنمذجة:

- اطلب إلى الطلبة استخدام مواد من البيئة لتصميم نموذج لشبكة (NaCl) كما في الشكل الآتي.



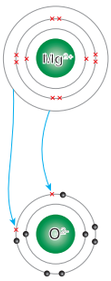
لذرَّةِ الكلورِ 7 إلكتروناتٍ تكافؤٍ في مستوى الطاقةِ الخارجيِّ. وللوصولِ إلى مستوى طاقةٍ خارجيٍّ مُكتمِلٍ، فإنَّها تكسب إلكترونًا منْ ذرَّةِ الصوديومِ.

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



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

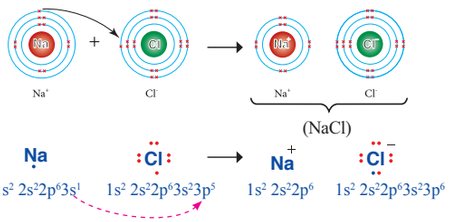
أفكِّر: يرتبطُ الألمنيومُ (Al) بالكبريتِ (S). لتكوينِ مُركَّبِ (Al_2S_3)، فكيفَ يحدثُ ذلكَ؟



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

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

أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالرابطةِ الأيونيةِ؟



الشكلُ (1): الترابطُ بينَ ذرَّتَيِ الصوديومِ والكلورِ.

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

إجابة سؤال الشكل (9):

$_{13}Na$: [Ne] $3s^1$

طاقة تأيُّن ذَرَّة Na منخفضة؛ لذا يَسْهل أنْ تفقد إلكترونًا واحدًا، فينتج Na^+

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

طاقة تأيُّن ذَرَّة Cl مرتفعة؛ لذا لا تميل إلى فقد إلكترونين، وإنَّما تميل إلى اكتسابها، فتكتسب إلكترونًا واحدًا، فينتج Cl^-.

أتحقَّقُ: القوة التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات، وهي تنشأ بين ذَرّات الفلزات واللافلزات.

معلومة إضافية

عدد الروابط.

- وضِّح للطلبة أنَّ بلورة كلوريد الصوديوم لا تتكوَّن فقط من أيون صوديوم Na^+ وأيون كلوريد Cl^-، وإنَّما تتكوَّن من عدد كبير من هذه الأيونات التي تترتَّب في نمط منتظم بنسبة (1:1) في شبكة بلورية مكعبة، يحاط فيها كل أيون Na^+ بستة أيونات Cl^-، وكذلك يحاط كل أيون Cl^- بستة أيونات Na^+، بالرغم من أنَّ أيونات Na^+ وأيونات Cl^- تختلف في حجومها.

الرابطةُ التساهميةُ Covalent Bond

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

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

H:H

H—H

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

أنواعُ الروابطِ التساهميةِ Types of Covalent Bonds

الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ Mono Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجٍ واحدٍ منَ الإلكتروناتِ، كما في جزيءِ الهيدروجينِ H_2؛ إذْ ترتبطُ ذرَّةُ هيدروجينَ (توزيعُها الإلكترونيُّ $1s^1$) بذرَّةِ هيدروجينَ أُخرى بمشاركةِ كلٍّ منْهُما بإلكترونٍ تكافؤٍ واحدٍ؛ لأنَّ كلًّا منْهُما تحتاجُ إلى إلكترونٍ واحدٍ لكيْ يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيَّ لها؛ لذا ينجذبُ زوجُ إلكتروناتِ الرابطةِ إلى نواتَيِ الذرَّتيْنِ. يُمكِنُ تمثيلُ الرابطةِ التساهميةِ بينَ ذرَّتَيِ الهيدروجينِ كما في الشكلِ (3)؛ إذْ يُمثَّلُ كلُّ خطٍّ أوْ زوجٍ منَ النقاطِ رابطةً تساهميةً أحاديةً، تُسمّى سيجما، ويُرمَزُ إليْها بالرمزِ σ.

يُعَدُّ جزيءُ الماءِ H_2O مثالًا آخرَ على الرابطةِ التساهميةِ؛ إذْ تمتلكُ ذرَّةُ الأكسجينِ ستةَ إلكتروناتِ تكافؤٍ؛ لذا تحتاجُ إلى إلكترونيْنِ حتّى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيَّ لها، فترتبطُ برابطةٍ تساهميةٍ أحاديةٍ (سيجما) معَ كلِّ ذرَّةٍ منْ ذرَّتَيِ الهيدروجينِ كما في الشكلِ (4).

H:O:H

H—O—H

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

تعزيز: طاقة التأيُّن.

- للفلزات عامة طاقة تأيُّن منخفضة نسبيًّا مقارنةً باللافلزات؛ لذا تميل الفلزات إلى فقد إلكترونات تكافئها بسهولة نسبية مقارنةً باللافلزات، في حين تميل اللافلزات إلى اكتساب الإلكترونات.
- وفي هذا السياق، فإنَّ السالبية الكهربائية للذَّرّات تساعد على توقُّع نوع الرابطة؛ فإذا كان الفرق أكبر من 2 وَفق مقياس باولنغ كانت الرابطة أيونية.
- تختلف البلورات الأيونية في شكلها تبعًا لحجوم الأيونات وشحناتها.

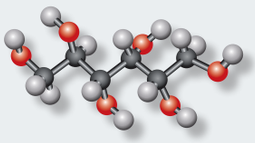
المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ ذرَّة اللافلز (مثل النيتروجين) تفقد خمسة إلكترونات ليصبح توزيعها الإلكتروني مُشابِهًا للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (الهيليوم)؛ لذا أخبرهم أنَّ ذلك يحتاج إلى طاقة عالية جدًّا، وأنَّ هذه العملية لا تحدث، وإنَّما تميل الذَّرَّة إلى اكتساب ثلاثة إلكترونات.

الرابطة التساهمية:

نشاط سريع

- اطلب إلى الطلبة تكوين جزيء سكر الغلوكوز باستخدام صندوق الروابط، أو أيِّ كرات أُخرى، ووصلات خشبية، أو بلاستيكية، بحيث تُمثِّل الكرات الذَّرّات، وتُمثِّل الوصلات الروابط كما في الشكل.



بناء المفهوم:

الرابطة التساهمية.

- اطلب إلى طالبين يجلسان على مقعد واحد أنْ يتشاركا في الأقلام التي يملكانها، ثم اسألهما:

– كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية؟

استمِع لإجابة كلٍّ منهما، ثم بيِّن للطلبة أنَّ التشارك في الإلكترونات يُسمّى الرابطة التساهمية.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة الأسئلة الآتية:

– ما المقصود بالرابطة التساهمية؟

– ما أنواعها؟

– ما ذرّات العناصر التي تُكوِّنها؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الرابطة التساهمية تنشأ بين ذرَّتين تتشاركان بزوج من الإلكترونات، أو زوجين، أو ثلاثة أزواج، وأنَّها أحادية، أو ثنائية، أو ثلاثية.
- وضِّح للطلبة أنَّ الإلكترونات المشتركة في تكوين الرابطة هي جزء من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلتا الذَّرَّتين، وأنَّ الروابط التساهمية تتكوَّن بين ذرّات عناصر اللافلزات.

استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الأشكال: (3)، و(4)، و(5)، و(6)، ثم اسألهم:

– كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية الأحادية بين الذَّرّات؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الذَّرَّة الواحدة تُساهِم في إلكترون واحد؛ لذا تتشارك الذَّرَّتان بزوج من الإلكترونات.
- اسأل الطلبة:

– ما المقصود بالرابطة من نوع سيجما؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّها تشير إلى الرابطة التساهمية الأحادية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكلين (7)، و (8)، ثم اسألهم:

– كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية الثنائية؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الذَّرَّة الواحدة تُساهِم في إلكترونين؛ لذا تتشارك الذَّرَّتان بزوجين من الإلكترونات.

استراتيجية العمل التعاوني:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة أشكال تداخل الأفلاك (s ,p) لإنتاج الرابطة سيجما والرابطة باي.
- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، ثم اطلب إلى أفراد بعضها تصميم مُجسَّم يُبيِّن طريقة تداخل الأفلاك كما هو مُوضَّح في الشكل، ثم اطلب إلى أفراد المجموعات الأُخرى تصميم برمجية (3D) لتمثيل الشكل.

◄ تعزيز: طاقة التأيُّن.

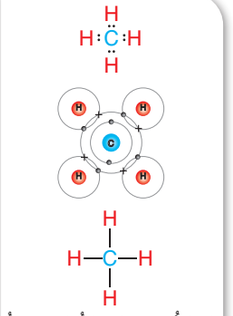
- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بالرابطة من نوع باي؟

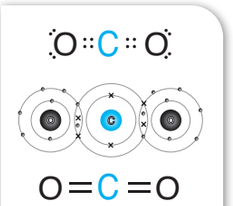
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّها تشير إلى الرابطة التساهمية الثنائية.

معلومة إضافية

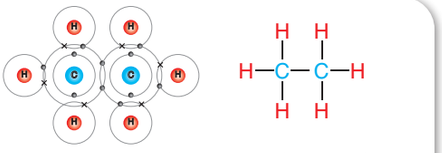
عند اقتراب ذَرَّتي هيدروجين بعضهما من بعض تنشأ قوى تنافر وقوى تجاذب، وتكون قوى التنافر بين إلكترون الذَّرَّة الأولى وإلكترون الذَّرَّة الثانية، وكذلك بين نواة الذَّرَّة الأولى ونواة الذَّرَّة الثانية. أمّا قوى التجاذب فتكون بين نواتي الذَّرَّتين وإلكترون كلٍّ منهما. ولهذا عندما تكون محصلة قوى التجاذب أكبر من قوى التنافر تتكوَّن رابطة تساهمية بين ذَرَّتي الهيدروجين، وتشتركان بزوج من الإلكترونات، يعطي كل ذَرَّة هيدروجين التوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل، وهكذا الحال بالنسبة إلى الرابطة في الجزيئات الأُخرى، مثل: F_2 ، و Cl_2، وغيرهما.



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



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



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

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

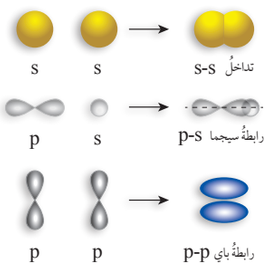
قدْ يكونُ الجزيءُ الذي يحتوي على روابطَ تساهميةٍ أحاديةٍ أكثرَ تعقيدًا كما في جزيءِ الإيثانِ C_2H_6، أنظرُ الشكلَ(6).

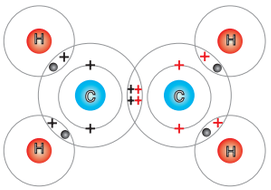
الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ Double Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتيْنِ بزوجيْنِ منِ الإلكتروناتِ كما في جزيءِ ثاني أكسيدِ الكربونِ CO_2؛ إذْ تحتاجُ ذرَّةُ الكربونِ C إلى أربعةِ إلكتروناتٍ حتّى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيَّ لها، في حينِ تحتاجُ ذرَّةُ الأكسجينِ O إلى إلكترونيْنِ، وبذلكَ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

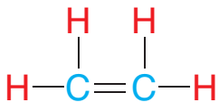
الرابطةُ سيجما والرابطةُ باي:

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

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





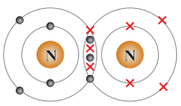


الشكلُ (8): الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ في جزيءِ الإيثينِ C_2H_4.

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

الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ Triple Covalent Bond: رابطةٌ تنشأُ عنْ تشاركِ ذرَّتَيْنِ بثلاثةِ أزواجٍ منَ الإلكتروناتِ كما في جزيءِ النتروجينِ N_2؛ إذْ تحتوي ذرَّةُ النتروجينِ على خمسةِ إلكتروناتِ تكافؤٍ، وبذلكَ تحتاجُ إلى ثلاثةِ إلكتروناتٍ حتّى يكتملَ مستوى الطاقةِ الخارجيَّ لها، فتتشاركُ الذرَّتانِ في ثلاثةِ إلكتروناتٍ منْ كلٍّ منْهُما؛ لتنشأَ رابطةٌ تساهميةٌ ثلاثيةٌ (رابطةُ سيجما σ، ورابطتا باي π) كما في الشكلِ (9).

:N⋮⋮N:



N≡N

الشكلُ (9): الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ في جزيءِ النتروجينِ N_2.
أذكرُ عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرَ الرابطةِ على ذرَّةِ N الواحدةِ.

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

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

أفكِّرُ أوضِّحُ كيفَ تتكوَّنُ الروابطُ في جزيءِ HCN؟

الجدولُ (2): عددُ الروابطِ التساهميةِ التي تُكوِّنُها ذرّاتُ عناصرِ المجموعاتِ.

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

إجابة سؤال الشكل (9):

كل ذرَّة N تمتلك زوجًا واحدًا من الإلكترونات غير الرابطة.

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (9)، ثم اسألهم:

– كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية الثلاثية في جزيء النيتروجين؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ لدى ذرَّة N الواحدة خمسة إلكترونات تكافؤ؛ لذا تُساهِم في ثلاثة إلكترونات، فتتشارك الذَّرَّتان بثلاثة أزواج من الإلكترونات.

◄ قراءة الجدول:

- وجه الطلبة لدراسة الجدول 2 ثم ناقشهم فيه للتوصل الى عدد الروابط المتوقع لعناصر مجموعات الجدول الدوري.

أفكِّرُ ذرَّة H لديها إلكترون تكافؤ واحد، وذرَّة C لديها أربعة إلكترونات تكافؤ، وذرَّة N لديها ثلاثة إلكترونات تكافؤ؛ لذا تتشارك ذرَّة H بإلكترونها مع إلكترون من ذرَّة C؛ أيْ تتشارك الذَّرَّتان بزوج من الإلكترونات، ويبقى لدى ذرَّة C ثلاثة إلكترونات تتشارك بها مع ثلاثة إلكترونات من ذرَّة N، وبذلك تتشارك ذرَّتا C و N بثلاثة أزواج من الإلكترونات. ويُمكِن تمثيل روابط الجزيء على النحو الآتي:

H–C≡N

✓ **أتحقَّقُ:**

الرابطة التساهمية الأحادية: رابطة تنشأ عن تشارك ذرَّتين بزوج واحد من الإلكترونات.

الرابطة التساهمية الثنائية: رابطة تنشأ عن تشارك ذرَّتين بزوجين من الإلكترونات.

الرابطة التساهمية الثلاثية: رابطة تنشأ عن تشارك ذرَّتين بثلاثة أزواج من الإلكترونات.

طريقة أخرى للتدريس

- اطلب إلى الطلبة تصميم لوحة جدارية تُمثِّل عدد الروابط التساهمية التي تُكوِّنها ذرّات عناصر المجموعات، كما في الجدول (2)، ثم تعليقها على أحد جدران الصف، واستخدامها مرجعًا عند الضرورة.

◄ بناء المفهوم:

الرابطة الفلزية.

تنشأ الرابطة الفلزية بين ذَرّات الفلز المتجاورة في بلورة الفلز، ويُمكِن التوصُّل إلى هذا المفهوم بالطلب إلى الطلبة تخيُّل مجموعة من القوارب العائمة في الماء، وبيان أنَّ بقاء القوارب العائمة في مكانها لا يمنع الماء أنْ يتحرَّك بحرية أسفلها. وضِّح للطلبة أنَّ ذلك يُشبِه ما يحدث لذَرّات الفلز وإلكتروناتها الخارجية؛ إذ تُمثِّل الإلكترونات البحر، وتُمثِّل الذَّرّات أيونات الفلز الموجبة في النموذج.

◄ التدريس:

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:
  - أين تنشأ الرابطة الفلزية؟
  - ما المقصود بها؟
- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الرابطة الفلزية تنشأ بين ذَرّات الفلز المتجاورة في بلورة الفلز، وتُعرَّف بأنَّها قوة تجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات حُرَّة الحركة في الشبكة البلورية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (10)، ثم ناقِشهم فيه لاستنتاج كيف تتكوَّن الرابطة الفلزية، وبيان المقصود ببحر الإلكترونات.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

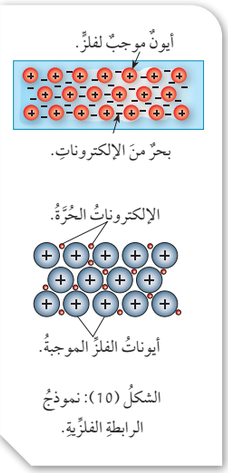
قد يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ الرابطة الفلزية تنشأ بين ذَرّات اللافلزات المختلفة، أو أنَّ فلزات عناصر المجموعة الواحدة تنشأ بينها روابط فلزية.

✓ أتحقَّقُ:

قوة تجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات حُرَّة الحركة في الشبكة البلورية.

الرابطةُ الفلزِّيةُ Metallic Bond

ترتبطُ ذرّاتُ عنصرِ الفلزِّ الواحدِ ببعضِها برابطةٍ تُسمّى **الرابطةَ الفلزِّيةَ Metallic Bond**، وتُعرَفُ هذهِ الرابطةُ بأنَّها قُوَّةُ التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ للفلزّاتِ والإلكتروناتِ حُرَّةِ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ. تنشأُ الرابطةُ الفلزِّيةُ نتيجةَ فقْدِ ذرّاتِ الفلزِّ لإلكتروناتِ التكافؤِ، فتتحوَّلُ هذهِ الذرّاتُ إلى أيوناتٍ موجبةٍ تحيطُ بها الإلكتروناتُ منْ جميعِ النواحي على شكلِ بحرٍ منَ الإلكتروناتِ Sea of Electrons كما في الشكلِ (10).

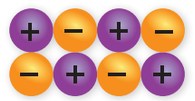
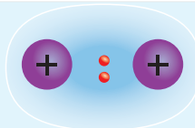
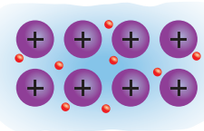


الشكلُ (10): نموذجُ الرابطةِ الفلزِّيةِ.

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

✓ أتحقَّقُ: ما المقصودُ بالرابطةِ الفلزِّيةِ؟

الجدول (3): عددُ الروابطِ التساهميةِ التي تُكوِّنُها ذرّاتُ عناصرِ المجموعاتِ.

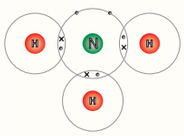
نوعُ الرابطةِ	نموذجٌ توضيحيٌّ	التجاذبُ	مثالٌ
الأيونيةُ		الأيوناتُ الموجبةُ والأيوناتُ السالبةُ لذرّاتِ فلزٍّ ولافلزٍّ.	NaCl
التساهميةُ		النواةُ الموجبةُ والإلكتروناتُ المشتركةُ لذرّاتِ اللافلزّاتِ.	Cl_2
الفلزِّيةُ		أيوناتُ الفلزِّ الموجبةُ والإلكتروناتُ حرَّةُ الحركةِ في الشبكةِ البلّوريةِ.	Na

◄ قراءة الجدول:

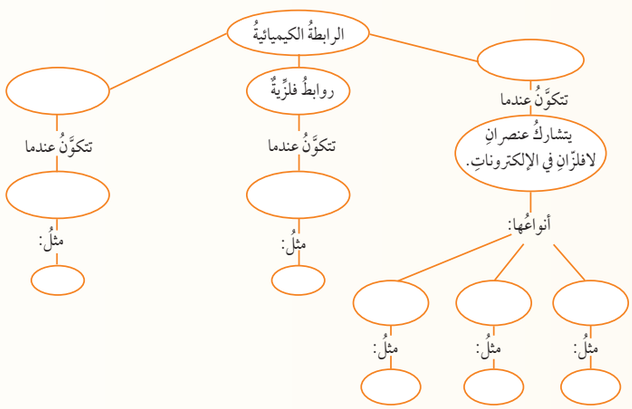
- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدول (3)، ثم المقارنة بين الروابط التساهمية والأيونية والفلزية.
- اطلب إلى الطلبة تصميم برمجية لتمثيل أنواع الروابط المختلفة والمقارنة بينها.

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** كيفَ تتكوَّنُ الروابطُ الكيميائيةُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ؟
2. **أُطبِّقُ:** أكتبُ التوزيعَ الإلكترونيَّ لكلٍّ منَ الـذرّاتِ الآتيـةِ، ثمَّ أتـوقَّعُ التغيُّرَ الذي ينبغي حدوثُـهُ؛ لتمتلكَ كلُّ ذرَّةٍ التوزيعَ الإلكترونيَّ للغازِ النبيلِ:
   - النتروجينُ.
   - الكبريتُ.
   - الليثيومُ.
3. يُمثِّلُ الشكلُ المجاورُ جزيءَ الأمونيا:
   أ . ما عددُ إلكتروناتِ التكافؤِ لذرَّةِ N؟
   ب. ما نوعُ الرابطةِ التساهميةِ في هذا الجزيءِ؟
   جـ. ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ الرابطةِ؟
   د . ما عددُ أزواجِ الإلكتروناتِ غيرِ الرابطةِ؟



4. يتكوَّنُ جزيءُ HCl منَ ارتباطِ ذرَّةِ هيدروجينَ بذرَّةِ كلورٍ، أُبيِّنُ بالرسمِ هذا الترابطَ.
5. أُكمِلُ المخطَّطَ المفاهيميَّ الآتيَ الذي يتعلَّقُ بموضوعِ الروابطِ الكيميائيةِ:



3 التقويم

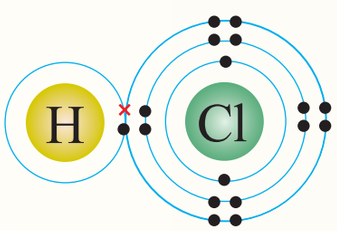
مراجعة الدرس

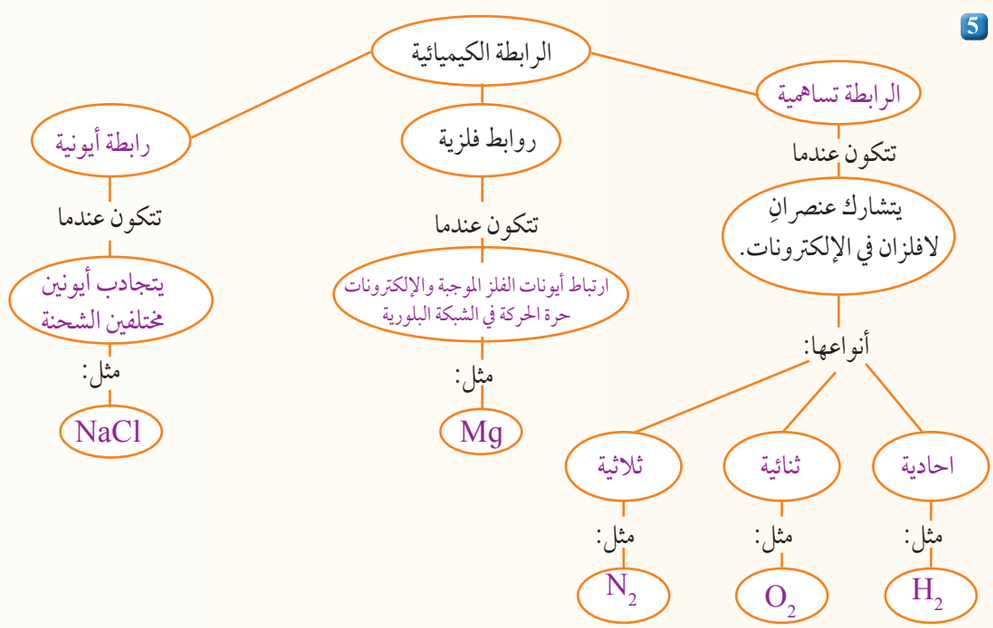
1. نتيجة فقد الإلكترونات، أو مشاركتها، أو اكتسابها فيما بينها في أثناء التفاعل.

2.

العنصر وعدده الذَّرِّي	التوزيع الإلكتروني	التغيُّر
النيتروجين 7N	$[He]\ 2s^2\ 2P^3$	اكتساب ثلاثة إلكترونات، أو المشاركة بها.
الكبريت 16S	$[Ne]\ 3s^23p^4$	اكتساب إلكترونين، أو المشاركة بهما.
الليثيوم 3Li	$[He]2S^1$	فقد إلكترون واحد.

3. أ) 5
   ب) تساهمية أحادية.
   جـ) 3
   د) 1

4. 

5. 

الدرسُ 2

الصيغ الكيميائية وخصائص المركبات
Chemical Formulas and Compounds Properties

1 تقديم الدرس

◄ الفكرة الرئيسة:

- نشاط سريع: اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– هل لعبت يومًا لعبة تركيب قطع الأحجية (الليغو)؟

- وضِّح للطلبة أنَّ قطع الأحجية تتحد مع بعضها لتُكوِّن أشكالًا مختلفة. وكذلك الذَّرّات؛ فإنَّها تتحد مع بعضها لتُكوِّن مركبات متنوعة.

◄ الربط بالمعرفة السابقة:

- ذكِّر الطلبة بالجدول الدوري، ثم اطرح عليهم السؤالين الآتيين:

– كيف يُمكِنك توقُّع خواص بعض العناصر في الجدول الدوري؟

اقبل الإجابات الصحيحة والمنطقية، مثل: بتعرُّف موقعها في الجدول الدوري.

– كيف يُمكِنك تعرُّف موقع العناصر في الجدول الدوري؟

عن طريق معرفة رقم المجموعة التي ينتمي إليها كل عنصر، ورقم الدورة.

2 التدريس

- اطرح على الطلبة السؤالين الآتيين:

– ما خواص المركبات الأيونية؟

– كيف تُفسِّر كل خاصية؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ المركبات الأيونية بلورات صُلْبة، هشَّة، قاسية، غير موصلة للتيار في الحالة الصُّلْبة، ولكنَّ محلولها أو مصهورها موصِل.

إجابة سؤال الشكل (11):

النسبة (1:1).

◄ استخدام الصور والأشكال:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (11)، ثم اسألهم:

– ما عدد الأيونات الموجبة التي ترتبط بالأيون السالب؟

– ما عدد الأيونات السالبة التي ترتبط بالأيون الموجب؟

- استمِع لإجابات الطلبة، ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الأيون الموجب يرتبط بستة أيونات سالبة، وأنَّ الأيون السالب يرتبط بستة أيونات موجبة.

◄ تعزيز:

أعطِ كل طالب كرة كُتِب عليها رقم من (1–7) بشكل عشوائي، وأخبرهم أنَّ الرقم المكتوب على كل كرة يُمثِّل عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي للعناصر، ثم دع كلًّا منهم يبحث عن زميل يحمل العدد الصحيح للكرات الذي يُمكِّنهما من الحصول على مستوى طاقة كافية لتكوين رابطة أيونية، بحيث يكون مجموع العددين ثمانية.

◄ الفكرة الرئيسة:

للمُركَّباتِ الكيميائيةِ خصائصُ مُحدَّدةٌ تختلفُ باختلافِ نوعِ الروابطِ فيها.

◄ نتاجاتُ التعلُّم:

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

◄ المفاهيمُ والمصطلحاتُ:

المُركَّباتُ الأيونيةُ Ionic Compounds.

درجاتُ الانصهارِ والغليانِ Boiling and Melting Points.

القاسيةُ Hard.

الهشَّةُ Brittle.

الذائبيةُ Solubility.

المُركَّباتُ التساهميةُ (الجزيئيةُ) Covalent (Molecular) Compounds.

المُتطايرةُ Volatile.

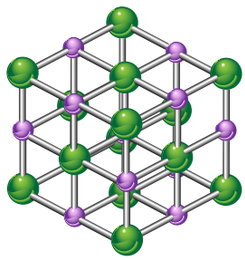
الرموزُ Symbols.

الصيغُ الكيميائيةُ Chemical Formula.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمُركَّباتِ الأيونيةِ
Physical Properties of Ionic Compounds

تُسمّى المُركَّباتُ التي تحتوي على روابطَ أيونيةٍ **المُركَّباتِ الأيونيةَ** Ionic Compounds. وهيَ توجدُ على شكلِ بلّوراتٍ صُلْبةٍ تترتَّبُ في شبكةٍ بلّوريةٍ، ومنْ أمثلتِها بلّورةُ كلوريدِ الصوديومِ (ملحُ الطعامِ) NaCl؛ إذْ يُحاطُ الأيونُ الموجبُ للصوديومِ بستةِ أيوناتٍ سالبةٍ للكلوريدِ، وكذلكَ يُحاطُ الأيونُ السالبُ للكلوريدِ بستةِ أيوناتٍ موجبةٍ للصوديومِ؛ ما يُكسِبُ المُركَّبَ الأيونيَّ القُوَّةَ والصلابةَ، علمًا بأنَّ شكلَ بلّورةِ كلوريدِ الصوديومِ مُكعَّبٌ كما في الشكلِ (11).

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



الشكلُ (11): نموذجُ بلّورةِ المُركَّبِ الأيونيِّ.

أُفسِّرُ النسبةَ بينَ أيوناتِ الصوديومِ إلى أيوناتِ الكلوريدِ في البلّورةِ.

◄ بناء المفهوم:

المركبات الأيونية.

المركبات الأيونية: مركبات تتكوَّن من ارتباط فلز ولافلز برابطة أيونية.

يُمكِن التوصُّل إلى هذا المفهوم بالطلب إلى الطلبة –ضمن مجموعات– تفحُّص ملصق المُكوِّنات المُثبَّت على علبة الدهان، ثم تحديد المركبات الأيونية فيها.

◄ المناقشة:

اطلب إلى الطلبة المقارنة بين درجتي غليان NaCl و MgO وانصهارهما، بناءً على ما ورد في الجدول (4)، ثم ناقِشهم في الإجابات للتوصُّل إلى الفرق بين درجتيهما، وسبب ذلك.

إضاءة للمعلم

أخبر الطلبة أن من الخصائص الفيزيائية للمادة: درجة الانصهار، ودرجة الغليان، والتوصيل الكهربائي، والصلابة، واللمعان.

◄ استخدام الصور والأشكال:

وجِّه الطلبة إلى دراسة الشكل (12)، ثم ناقِشهم في ما يأتي:

يذوب كلوريد الصوديوم في الماء عند إذابة بلورة كلوريد الصوديوم في الماء، فتحيط جزيئات الماء القطبية بالبلورة من جميع الاتجاهات، وينشأ تجاذب بين الأقطاب المشحونة من الماء والأيونات المخالفة لها في الشحنة؛ ما يؤدي إلى انفصال هذه الأيونات عن البلورة، وتحرُّرها، وتصبح حُرَّة الحركة في المحلول.

الربطُ بالحياةِ

أُكسيدُ المغنيسيومِ MgO

وضِّح للطلبة أهمية أكسيد المغنيسوم الصناعية.

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

تمتازُ المُركَّباتُ الأيونيةُ أيضًا بارتفاعِ درجاتِ الانصهارِ والغليانِ Boiling and Melting Points لها؛ لأنَّ التغلُّبَ على قوى التجاذبِ بينَ الأيوناتِ الموجبةِ والأيوناتِ السالبةِ يتطلَّبُ وجودَ طاقةٍ كبيرةٍ. أنظرُ الجدولَ (4) الذي يُبيِّنُ درجاتِ الانصهارِ والغليانِ لمُركَّبَيِ NaCl، وَ MgO.

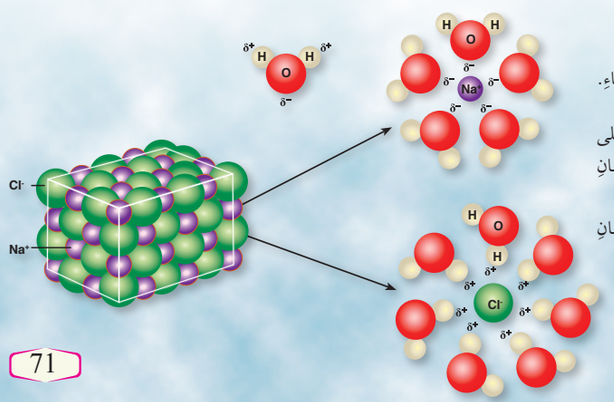
يُلاحَظُ منَ الجدولِ أنَّ درجتَيِ الانصهارِ والغليانِ لمُركَّبِ MgO الذي يحملُ الشحناتِ $Mg^{2+}O^{2-}$ أعلى منْهما للمُركَّبِ $Na^{+}Cl^{-}$؛ لأنَّ زيادةَ الشحناتِ على الأيوناتِ تؤدي إلى زيادةِ قُوَّةِ التجاذبِ بيْنَها، فتحتاجُ إلى طاقةٍ أكبرَ للتغلُّبِ عليْها.

تمتازُ المُركَّباتُ الأيونيةُ بذائبيةٍ Solubility عاليةٍ في الماءِ؛ إذْ تذوبُ بسهولةٍ بسببِ قدرةِ جزيئاتِ الماءِ على عملِ تجاذبٍ معَ أيوناتِ البلّورةِ كما في الشكلِ(12)؛ ما يؤدي إلى فصلِ الأيوناتِ عنِ البلّورةِ، فتصبحُ حُرَّةَ الحركةِ بينَ جزيئاتِ الماءِ.

الربطُ بالحياةِ

أُكسيدُ المغنيسيومِ MgO

يُستخدَمُ مُركَّبُ أكسيدِ المغنيسيومِ MgO على نطاقٍ واسعٍ في الصناعاتِ المُتعلِّقةِ بأعمالِ البناءِ؛ إذْ يدخلُ في صناعةِ الأسمنتِ، والموادِّ المقاومةِ للحرائقِ مثلِ الطوبِ الحراريِّ؛ نظرًا إلى ارتفاعِ درجةِ انصهارِهِ التي قدْ تصلُ إلى درجةٍ أكبرَ منْ 2800 °C.



الشكلُ (12): ذوبانُ المُركَّبِ الأيونيِّ في الماءِ.

- **أُفسِّرُ** أثرَ الشحناتِ على جزيءِ الماءِ في ذوبانِ المُركَّبِ الأيونيِّ.
- **ما الفرقُ** بينَ الذوبانِ والانصهارِ؟

◄ تعزيز:

تدخل المركبات الأيونية في العديد من المُنتَجات التي تُستعمَل في حياتنا اليومية. وهذه بعض الأمثلة عليها:

المركب	الاستخدام
كربونات الكالسيوم	الدهانات، السيراميك، الزجاج، الورق المصقول، معجون الأسنان.
بورات الليثيوم	السيراميك، الزجاج.
فلوريد الصوديوم	معجون الأسنان.
أكسيد الكالسيوم	الورق المصقول.

التجربة 1

التوصيل الكهربائي للمركبات الأيونية.

المدة الزمنية لإجراء التجربة: (15 دقيقة).

الهدف: استقصاء خاصية التوصيل الكهربائي في المركبات الأيونية.

إرشادات السلامة:

وجِّه الطلبة إلى التخلُّص من المحاليل في المغسلة، وسكب الماء عليها من الصنبور مدة كافية.

المهارات العملية: الاستنتاج، الملاحظة، التفسير، التمييز.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.
- تجوَّل بين الطلبة مُوجِّهًا ومُرشِدًا ومُساعِدًا.
- وضِّح للطلبة هدف كل خطوة في أثناء التنفيذ، وتأكَّد أنَّهم دوَّنوا الملاحظات بعد كل خطوة من خطوات التجربة.

استراتيجية العمل التعاوني:

- وزِّع الطلبة إلى مجموعات، يتراوح عدد أفراد كلٍّ منها بين (4-6).
- وجِّه أفراد المجموعات إلى دراسة الشكل (13)، ثم مقارنة التوصيل بين المحلول والمادة الأيونية الصُّلْبة.
- نبِّه الطلبة إلى ضرورة توخّي الحيطة والحذر عند استعمال الماء الساخن.

التحليل والاستنتاج:

1. في حالة المحلول.
2. عند ذوبان المركب الأيوني في الماء، تتحرَّر الأيونات التي كانت مُقيَّدة الحركة، وتصبح قادرة على الحركة بحرية؛ ما يجعلها قادرة على التوصيل الكهربائي للتيار.

القضايا المشتركة ومفاهيمها العابرة للمناهج والمواد الدراسية

* **المهارات الحياتية: الوعي الصحي.**

أخبر الطلبة أنَّ إرشادات السلامة الخاصة بالتجربة مرتبطة بقضايا الوعي الصحي التي يتعيَّن على الجميع الالتزام بها؛ تجنُّبًا لوقوع أيِّ حوادث.

التجربةُ 1

التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّباتِ الأيونيةِ

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

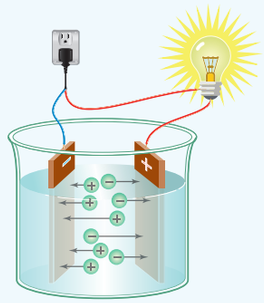
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ مريولِ المختبرِ، ولبسُ القفازَيْنِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينَيْنِ.

خطواتُ العملِ:

1. أكوِّنُ دارةً كهربائيةً موصولةً إلى قطبَيْ جرافيتَ.
2. أضعُ 50g منْ ملحِ الطعامِ في وعاءٍ، ثمَّ أغمسُ قطبَي الجرافيتِ في الملحِ، مُلاحِظًا ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.
3. أُذيبُ 50g من ملحِ الطعامِ في كأسٍ زجاجيةٍ مملوءةٍ حتَّى منتصفِها بالماءِ، ثمَّ أغمسُ قطبَي الجرافيتِ في المحلولِ، مُلاحِظًا ما يحدثُ للمصباحِ الكهربائيِّ في الدارةِ.

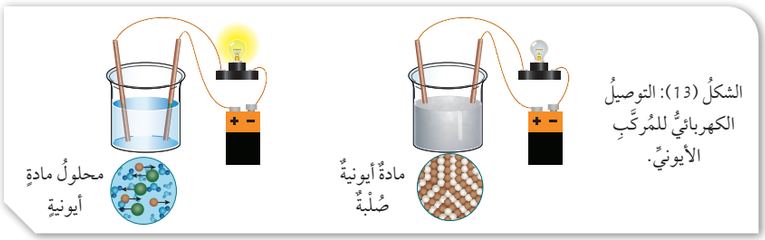
التحليلُ والاستنتاجُ:

1. في أيِّ الحالتَيْنِ أضاءَ المصباحُ؟
2. أُفسِّرُ ملاحظاتي.



محلول ملحُ الطعامِ

يَتبيَّنُ منَ التجربةِ السابقةِ أنَّ المُركَّباتِ الأيونيةَ غيرُ موصلةٍ للتيارِ الكهربائيِّ وهيَ في الحالةِ الصُّلْبَةِ؛ بسببِ قوى التجاذبِ القويةِ بينَ الأيوناتِ المُختلِفةِ في شحناتِها؛ ما يجعلُ هذهِ الأيوناتِ مُقيَّدةً في أماكنِها في البلّورةِ، ويمنعُ حركتَها، ولكنَّ محاليلَ (أوْ مصاهيرَ) هذهِ المُركَّباتِ موصلةٌ للتيارِ الكهربائيِّ بصورةٍ جيدةٍ؛ نظرًا إلى تفكُّكِ البلّوراتِ عندَ صهرِها أوْ إذابتِها في الماءِ، فتصبحُ الأيوناتُ حرَّةَ الحركةِ، أنظرُ الشكلَ (13).



الشكلُ (13): التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّبِ الأيونيِّ.

مادةٌ أيونيةٌ صُلْبةٌ

محلولُ مادةٍ أيونيةٍ

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

الرقم	المعيار	نعم	لا
1	يُوضِّح المقصود بالمركبات الأيونية.		
2	يلتزم بإرشادات السلامة عند تنفيذ التجربة.		
3	يُدوِّن ملاحظاته بصورة منظمة.		
4	يُنفِّذ التجربة بخطوات متسلسلة.		
5	يُدوِّن النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
6	يعرض النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
7	يُفسِّر سبب عدم توصيل المركبات الأيونية الصُّلْبة للتيار الكهربائي.		

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمُركَّباتِ التساهميةِ
Physical Properties of Molecular Compounds

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

التجربة 2

التوصيلُ الكهربائيُّ للمُركَّباتِ التساهميةِ

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

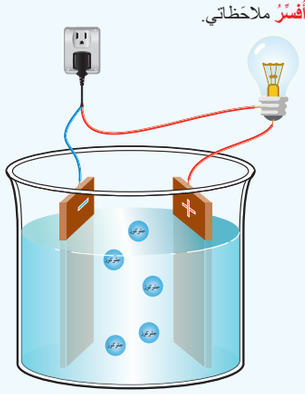
إرشاداتُ السلامةِ: ارتداءُ مريولِ المختبرِ، ولبسُ القفازينِ، ووضعُ النظّارةِ الواقيةِ على العينينِ، والحذرُ عندَ تسخينِ الوعاءِ.

خطواتُ العملِ:

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

التحليلُ والاستنتاجُ:

1. هل أضاءَ المصباحُ في كلتا الحالتينِ؟
2. أُفسِّرُ ملاحظاتي.



سُكَّرُ الجلوكوزِ

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

الرقم	المعيار	نعم	لا
1	يُوضِّح المقصود بالمركبات التساهمية.		
2	يلتزم بإرشادات السلامة عند تنفيذ التجربة.		
3	يُدوِّن ملاحظاته بصورة منظمة.		
4	يُنفِّذ التجربة بخطوات متسلسلة.		
5	يُدوِّن النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
6	يعرض النتائج التي توصَّل إليها بصورة صحيحة.		
7	يُفسِّر سبب عدم توصيل المركبات الأيونية للتيار الكهربائي في جميع حالاتها.		

◄ المناقشة:

- إطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما خواص المركبات التساهمية؟ استمع لاجابات الطلبة وناقشهم للتوصل الى: أن المركبات التساهمية تكون صُلبة، أو سائلة، أو غازية، درجات انصهارها وغلياتها منخفضة نسبيا، وأن بعض مركباتها متطايرة، وغالبيتها غير قابلة للذوبان في الماء وغير موصلة للتيار الكهربائي. باستثناء بعض مركباتها مثل HCl.

التجربة 2

التوصيل الكهربائي للمركبات التساهمية.

المدة الزمنية لإجراء التجربة: (15 دقيقة).

الهدف: استقصاء خاصية التوصيل الكهربائي في المركبات التساهمية.

المهارات العملية: الاستنتاج، الملاحظة، التفسير، التمييز.

الإجراءات والتوجيهات:

- جهِّز المواد والأدوات اللازمة قبل وصول الطلبة إلى المختبر.
- اطلب إلى الطلبة الالتزام بالخطوات المتسلسلة لتنفيذ التجربة.

استراتيجية العمل التعاوني:

- وزِّع الطلبة العمل إلى مجموعات، يتراوح عدد أفراد كلٍّ منها بين (4–6).
- نبِّه الطلبة إلى ضرورة توخّي الحيطة والحذر عند استعمال الماء الساخن.
- وجِّه الطلبة إلى التخلُّص من المحاليل في المغسلة، وسكب الماء عليها من الصنبور مدة كافية.

النتائج المُتوقَّعة:

- قد يستنتج بعض الطلبة أنَّ مصاهير المركبات التساهمية توصِل التيار الكهربائي، مثل المركبات الأيونية؛ لذا أخبرهم أنَّ المركبات التساهمية لا توصِل التيار الكهربائي وهي في الحالة الصُّلبة، أو حالة الانصهار.

التحليل والاستنتاج:

1. لم يُضِء المصباح في كلتا الحالتين.
2. المركبات التساهمية جزيئات غير متأينة؛ أيْ لا يوجد فيها أيونات.

نشاط سريع

- استعمل جهاز الموصلية الكهربائية في لمس سطح قطعة من الخارصين، أو النحاس، ثم اسأل الطلبة:

– هل أضاء المصباح؟

نعم.

– لماذا أضاء المصباح؟

بسبب وجود إلكترونات حُرَّة الحركة تعمل على توصيل التيار الكهربائي.

- أخبر الطلبة أنَّ الإلكترونات في الفلزات تكون حُرَّة الحركة، خلافًا للمركبات الأيونية؛ إذ ترتبط الإلكترونات بوجود الأيونات.

◄ قراءة الجدول:

- اطلب الى الطلبة دراسة الجدول (5) ثم ناقشهم فيه لاستنتاج خواص المركبات الأيونية والتساهمية.

◄ استخدام الصور والأشكال:

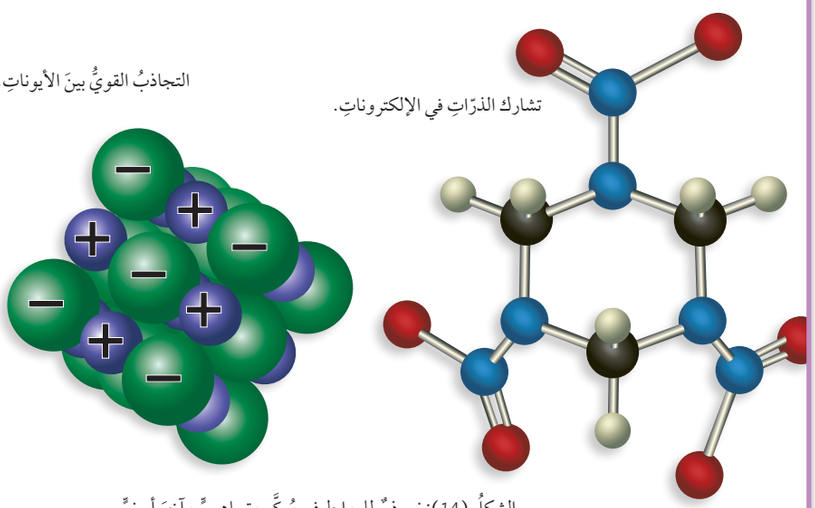
- وجه الطلبة لدراسة الشكل (14) ثم ناقشهم فيه لاستنتاج مبدأ الارتباط في المركب التساهمي والمركب الأيوني.

الجدول (5): مقارنةٌ بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ.

الخاصيةُ	المُركَّباتُ الأيونيةُ	المُركَّباتُ التساهميةُ
درجاتُ الانصهارِ والغليانِ:	عاليةٌ.	منخفضةٌ غالبًا.
التطايرُ:	غيرُ مُتطايرةٍ.	مُتطايرةٌ.
الذائبيةُ في الماءِ:	تذوبُ في الماءِ.	لا تذوبُ غالبًا في الماءِ.
توصيلُ الكهرباءِ في الحالةِ الصُّلْبةِ:	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ.	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ (ما عدا الجرافيتَ).
توصيلُ الكهرباءِ في حالةِ المحلولِ:	موصلةٌ للكهرباءِ.	غيرُ موصلةٍ للكهرباءِ بوجهٍ عامٍّ، ولكنَّ بعضَها موصلٌ لها.

يُمثِّلُ الجدولُ (5) مقارنةً بينَ المُركَّباتِ الأيونيةِ والمُركَّباتِ التساهميةِ، منْ حيثُ درجاتُ الانصهارِ والغليانِ، والتطايرُ، والذائبيةُ، وتوصيلُ الكهرباءِ، أنظرُ الشكلَ (14) الذي يُمثِّلُ نموذجًا للروابطِ في مُركَّبٍ تساهميٍّ وآخرَ أيونيٍّ.

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



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

✓ **أتحقَّقُ:**

درجة انصهارها وغليانها منخفضة نسبيًّا، ولا تذوب غالبًا في الماء، وغير موصلة للتيار الكهربائي.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة ✗

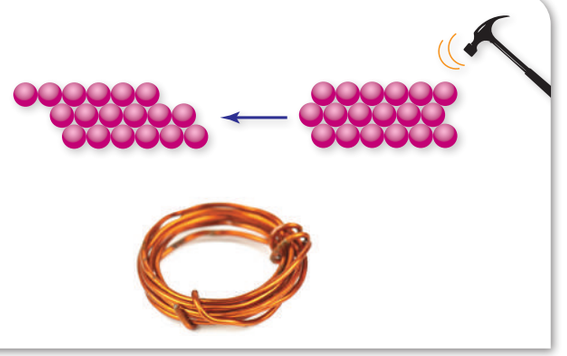
يعتقد بعض الطلبة خطأً أنَّ كلمتي (الذوبان) و(الانصهار) تشيران إلى المفهوم نفسه؛ لذا أخبرهم أنَّ الانصهار هو عملية تحوُّل المادة من الحالة الصُّلبة إلى الحالة السائلة للمادة نفسها، وأنَّ الذوبان هو عملية انتشار دقائق المادة المذابة وتوزُّعها؛ سواء كانت أيونية، أو جزيئية بين دقائق المذيب.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للفلزّاتِ Physical Properties for Metals

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

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

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



الشكلُ (15): الفلزّاتُ قابلةٌ للطَّرْقِ والسَّحْبِ.

الربطُ بالصحةِ

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

طريقة أخرى للتدريس

- **الطرق والسحب.**

اطلب إلى الطلبة المقارنة بين قطعة من الخارصين وبلورات من ملح الطعام، أو بلورات من ملح كلوريد المغنيسيوم بعد تعريض كلٍّ منها للطرق باستعمال مطرقة فلزية.

الربطُ بالصحةِ

عيادة الأسنان.

استضف طبيب أسنان في غرفة الصف للتحدُّث عن أهمية السبائك في مُقوِّمات الأسنان، والحشوات السنية، ثم اطلب إلى الطلبة طرح الأسئلة على الطبيب وتدوينها في دفتر العلوم.

◄ المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما الخصائص العامة للفلزات؟

استمع لإجابات الطلبة: ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الفلزات صُلْبة، لامعة، قابلة للطرق والسحب، موصلة جيدة للحرارة والكهرباء .

◄ استخدام الصور والاشكال:

- وجه الطلبة إلى دراسة الشكل (15) ثم ناقشهم في خاصية الطرق والسحب، لاستنتاج مفهوم بحر الإلكترونات.

✓ **أتحقَّقُ:**

صفوف الأيونات الموجبة ينزلق بعضها عن بعض ولكنها تظل في بحر الالكترونات نفسه.

إضاءة للمعلم

الفرق بين كلمتي (رمز) و(صيغة) في الكيمياء.

- أخبر الطلبة أنَّ الرمز الكيميائي يتكوَّن من حرف كبير في الإنجليزية، أو من حرفين؛ أولهما كبير، والثاني صغير، وأنَّ هذه الأحرف مشتقة من اسم العنصر.

رموز بعض العناصر الكيميائية

الرموز	Li	N	Na	P
الأسم بالعربية	ليثيوم	نيتروجين	صوديوم	فوسفور
الأسم بالإنجليزي	Lithium	Nitrogen	Sodium	Phosphorus

أمّا صيغة المركب الكيميائية مثل المركب الأيوني فتتألَّف من أيونين مرتبطين؛ أحدهما موجب، والآخر سالب.

- أخبر الطلبة أنَّه يجب البدء باسم الأيون السالب ثم الموجب عند لفظ اسم المركب. فعند لفظ اسم مركب كلوريد الصوديوم مثلًا، فإنَّ الكلوريد هو الأيون السالب (Cl^-)، والصوديوم (Na^+) هو الأيون الموجب. ولكتابة الصيغة، يجب البدء من اليسار بالأيون الموجب، ثم السالب (NaCl)، مع ملاحظة أنْ تكون شحنة المركب الكلية صفرًا.
- لضمان تحقُّق هذا الشرط، وجِّه الطلبة إلى وضع عدد الشحنات الموجبة الموجودة على الأيون السالب بعد الأيون الموجب، ووضع عدد الشحنات الموجبة الموجودة على الأيون الموجب بعد الأيون السالب.

المناقشة:

- اطرح على الطلبة السؤال الآتي:

– ما المقصود بكلٍّ من الرمز والصيغة؟

استمع لإجابات الطلبة ثم ناقِشهم فيها لاستنتاج أنَّ الرمز يُمثِّل ذَرَّة العنصر، وأنَّ الصيغة تشير إلى نوع العناصر ورموزها.

الصيغُ الكيميائيةُ للمُركَّباتِ Chemical Formulas For Compounds

تُستعمَلُ الرموزُ والصيغُ الكيميائيةُ للتعبيرِ عنِ الموادِ الكيميائيةِ. تُعرَّفُ الرموزُ Symbols بأنَّها طريقةٌ لتمثيلِ ذرّاتِ العناصرِ، أنظرُ الجدولَ (6) الذي يُبيِّنُ أسماءَ بعضِ العناصرِ، وشحنةَ الأيونِ، وتكافؤَ العنصرِ.

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

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

الجدول (6): أسماءُ بعضِ العناصرِ، وشحنةُ الأيونِ، وتكافؤُ العنصرِ لكلٍّ منْها.

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

المناقشة:

- وجِّه الطلبة إلى دراسة الجدولين (6) و (7)، ثم ناقِشهم في شحنة الأيونات وتكافئها، وأثر ذلك في عدد الروابط التي يصنعها أيون الذَّرَّة، ونوع الرابطة المُتوقَّعة الناتجة، وصيغته الكيميائية الناتجة.

الجدول (7):	اسمُ المجموعةِ	الرمزُ	الشحنةُ
	المجموعاتُ الأيونيةُ، وشحناتُها، وتكافؤُ كلٍّ منها.		
مجموعاتٌ أيونيةٌ أحاديةُ التكافؤِ:	الهيدروكسيدُ	OH^-	1-
	النتراتُ	NO_3^-	1-
	البيكربوناتُ	HCO_3^-	1-
	الأمونيومُ	NH_4^+	1+
	البيرمنجناتُ	MnO_4^-	1-
مجموعاتٌ أيونيةٌ ثنائيةُ التكافؤِ:	الكربوناتُ	CO_3^{2-}	2-
	الكبريتاتُ	SO_4^{2-}	2-
	الكروماتُ	CrO_4^{2-}	2-
	الدايكروماتُ	$Cr_2O_7^{2-}$	2-
مجموعاتٌ أيونيةٌ ثلاثيةُ التكافؤِ:	الفوسفاتُ	PO_4^{3-}	3-

تحتوي بعضُ الأيوناتِ على أكثرَ منْ نوعٍ واحدٍ من الذرّاتِ (مُتعدِّدةُ الذرّاتِ)، وتُعرَفُ باسمِ المجموعاتِ الأيونيةِ، ويُنظَرُ إليْها بوصفِها وحدةً واحدةً كما في رموزِ العناصرِ، وترتبطُ ذرّاتُها في ما بينَها بروابطَ تساهميةٍ، في حينِ ترتبطُ بالأيوناتِ الأخرى بروابطَ أيونيةٍ، أنظرُ الجدولَ (7) الذي يُبيِّنُ اسمَ المجموعةِ الأيونيةِ، ورمزَها، وشحنتَها، وتكافؤَها.

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

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

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

تعزيز:

تسمية المركبات الكيميائية.

توصَّل الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (الأيوباك IUPAC) إلى طريقة نظامية لتسمية المركبات العضوية وغير العضوية، هي إطلاق اسم خاص على كل مركب، واستخدامه في تعيين صيغته.

قبل البدء بتسمية المركبات، يجب معرفة الرموز والصيغ الكيميائية للعناصر والمجموعات الذَّرِّية، بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر الكيميائية.

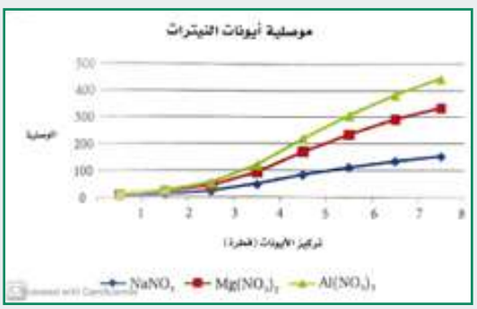
قراءة الجدول:

- وجه الطلبة إلى دراسة الجدول (7) ثم ناقِشهم فيه للتوصُّل إلى تكافؤ المجموعات الأيونية.
- اطلب إلى الطلبة تصميم لوحة جدارية تُمثِّل الجدول ثم تعليقها على أحد جدران الصف، واستخدامها مرجعًا عند الضرورة.

نشاط سريع

الأيونات العديدة الذَّرّات تتفاعل بوصفها وحدة واحدة

1. ضع (20 ml) من الماء المقطر في كأس زجاجية سعتها (50 ml).
2. اغمر مستشعر جهاز التوصيل الكهربائي، ثم دوِّن قراءة الجهاز.
3. أضف قطرات متتابعة من محلول $Al(NO_3)_3$، ثم دوِّن قراءة جهاز التوصيل الكهربائي بعد كل قطرة.
4. اطلب إلى الطلبة تمثيل النتائج بيانيًّا، وذكِّرهم بأنَّ مركب $Al(NO_3)_3$ يتكوَّن من أيونين.
5. كرِّر الخطوات السابقة، مُستعمِلًا $Mg(NO_3)_2$، ثم مثِّل النتائج بيانيًّا.



6. أَدِرْ نقاشًا مع الطلبة لاستنتاج أنَّ الأيونات متعددة الذَّرّات تسلك بوصفها وحدة واحدة.

مثال إضافي

أ – اكتب على اللوح أسماء المركبات الكيميائية الآتية، ثم اطلب إلى الطلبة كتابة الصيغة الكيميائية لكلٍّ منها:

- فلوريد الألومنيوم: AlF_3
- كبريتات الأمونيوم: $(NH_4)_2SO_4$
- كربونات الصوديوم: Na_2CO_3
- فوسفات المغنيسيوم: $Mg_3(PO_4)_2$

ب – ما اسم المركب للصيغتين الكيميائيتين الآتيتين:

- $Na_2Cr_2O_7$: دايكرومات الصوديوم.
- $KMnO_4$: برمنجنات البوتاسيوم.

طريقة أخرى للتدريس

- استعمل بطاقات حمراء لتمثيل الأيونات الموجبة، ثم اصنع فيها ثقوبًا باستعمال دبوس.
- استعمل بطاقات صفراء لتمثيل الأيونات السالبة، ثم اصنع فيها ثقوبًا باستعمال دبوس؛ على أنْ تُمثِّل هذه الثقوب عدد الشحنات السالبة.
- اطلب إلى الطلبة اكتشاف أنَّ كل أيون شحنته -2 يتطلَّب وجود اثنين من الأيونات التي تحمل شحنة +1، ثم كتابة صيغة المركب الناتج من ذلك.

المثال 1

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ أكسيدِ الألمنيوم.

الحلُّ:

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

المثال 2

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ ثاني أكسيدِ الكربونِ.

الحلُّ:

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

78

المثالُ 3

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

أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ لمُركَّبِ هيدروكسيدِ الكالسيومِ.

الحلُّ:

1. اسمُ المُركَّبِ:	هيدروكسيدُ الكالسيومِ.	
2. رمزُ كلِّ عنصرٍ:	Ca	OH
3. رقمُ التكافؤِ:	2	1

4. استبدالُ رقمِ التكافؤِ لأحدِ الرمزيْنِ بالآخرِ:

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

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

أمّا إذا كانَ للعنصرِ أكثرُ منْ تكافؤٍ فتُستخدَمُ أرقامٌ خاصةٌ للتمييزِ بينَها، تُسمّى الأرقامَ اللاتينيةَ (I، II، III). فمثلًا، للحديدِ Fe أكثرُ منْ تكافؤٍ (2، و3)؛ لذا يُكتَبُ الرقمُ اللاتينيُّ الذي يدلُّ على عددِ تكافُئِهِ بعدَ اسمِ المُركَّبِ. فمثلًا، أكسيدُ الحديدِ (II) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديدِ في هذا المُركَّبِ هو (2)، وأكسيدُ الحديدِ (III) يدلُّ على أنَّ تكافؤَ الحديدِ في هذا المُركَّبِ هو (3).

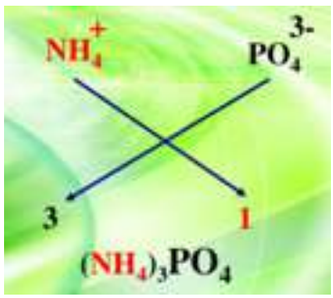
✓ **أتحقَّقُ:** أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ:

- كبريتاتُ الصوديومِ.
- فوسفاتُ الكالسيومِ.
- بيرمنجناتُ البوتاسيومِ.

مثال إضافي

- اكتب الصيغة الكيميائية لمركب فوسفات الأمونيوم.

الحل:



✓ **أتحقَّقُ:**

- $Na_2(SO_4)$
- $Ca_3(PO_4)_2$
- $KMnO_4$

◄ المناقشة:

- ذكر الطلبة بمفهوم السالبية الكهربائية. (قدرة الذَّرَّة على جذب إلكترونات الرابطة نحوها عند ارتباطها بذَرَّة أُخرى).

◄ قراءة الجدول:

- وجه الطلبة إلى دراسة الجدول (8) ثم ناقِشهم فيه لاستنتاج نوع الرابطة بمعرفة قيم السالبية الكهربائية.

◄ تعزيز:

اطرح على الطلبة السؤال الآتي: ما نوع الرابطة المُتكوِّنة عندما يكون فرق السالبية الكهربائية بين الذَّرَّتيْنِ كما يأتي:

0.6 (تساهمية)

صفر (تساهمية)

1.7 (تساهمية)

3.4 (أيونية)

◄ تعزيز:

ما الفرق في السالبية الكهربائية بين ذَرَّتي H، و F في المركب HF؟

ما نوع الرابطة بينهما؟

الحل:

$4.0 - 2.1 = 1.9$

بما أنَّ الفرق في السالبية الكهربائية بين ذَرَّتي H، و F أقل من 2، فإنَّ الرابطة بينهما تساهمية.

السالبيةُ الكهربائيةُ وأنواعُ الروابطِ الكيميائيةِ

Electronegativity and Types of Chemical Bonds

درسْتُ سابقًا أنَّ السالبيةَ الكهربائيةَ Electronegativity للذرَّةِ تصفُ قدرةَ الذرَّةِ على جذْبِ إلكتروناتِ الرابطةِ نحوَها عندَ ارتباطِها بذرَّةٍ أُخرى؛ لذا، فإنَّ نوعَ الرابطةِ الكيميائيةِ بينَ الذرَّتيْنِ يعتمدُ على مقدارِ الفرقِ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَهما، أنظرُ الجدولَ (8)، وفقًا لمقياسِ باولنج Pauling Scale الأكثرِ شيوعًا. في هذا المقياسِ يكونُ عنصرُ الفلورِ F هوَ أعلى العناصرِ منْ حيثُ السالبيةُ الكهربائيةُ؛ إذْ تبلغُ 3.98، ويكونُ عنصرُ الفرانسيومِ Fr أقلَّها؛ إذْ تبلغُ 0.7، وتتراوحُ قيمُ السالبيةِ الكهربائيةِ للعناصرِ الباقيةِ في الجدولِ الدوريِّ بينَ هاتيْنِ القيمتيْنِ.

يُلاحَظُ منَ الجدولِ (8) أنَّ الرابطةَ التساهميةَ تتكوَّنُ عندما يتراوحُ الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ مختلفتيْنِ بينَ (0.4)، و (2)، مثلِ: HCl، وَ HF، وَ CO. وفي حالِ وجودِ ذرَّتيْنِ متشابهتيْنِ للعنصرِ نفسِه، مثلِ: N_2، O_2، Cl_2، فإنَّهُ يكونُ للذرَّتيْنِ السالبيةُ الكهربائيةُ نفسُها؛ أيْ إنَّ الفرقَ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَهُما صفرٌ، وتكونُ الرابطةُ أيضًا تساهميةً. أمّا إذا كانَ الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ أكبرَ منْ 2 فإنَّ الرابطةَ تكونُ أيونيةً.

✓ **أتحقَّقُ:** ما المقصودُ بالسالبيةِ الكهربائيةِ؟

الجدولُ (8):	نوعُ الرابطةِ بِحسبِ الفرقِ في السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ الذرّاتِ.
الفرقُ في السالبيةِ الكهربائيةِ	نوعُ الرابطةِ المُتكوِّنةِ
منْ (0.4) إلى (2):	تساهميةٌ.
أكبرُ منْ (2):	أيونيةٌ.

طريقة أُخرى للتدريس

الربط بالرياضيات.

- اعرض الجدول الآتي على الطلبة، الذي يُبيِّن قيم السالبية الكهربائية لبعض عناصر الجدول الدوري، ثم أخبرهم أنَّه يُمكِن تحديد نوع الرابطة بين ذَرَّتين بإيجاد الفرق في السالبية الكهربائية بينهما:

السالبيةُ الكهربائيةُ ←

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	

مراجعةُ الدرسِ

1. **الفكرةُ الرئيسةُ:** أذكرُ الخصائصَ الفيزيائيةَ لكلٍّ منَ الموادِّ الأيونيةِ، والتساهميةِ، والفلزِّيةِ.
2. **أُصنِّفُ** الموادَّ الآتيةَ إلى مُركَّباتٍ أيونيةٍ، و مُركَّباتٍ تساهميةٍ بِحسبِ قدرتِها على توصيلِ التيارِ الكهربائيِّ:
   - حبيباتُ السُّكَّرِ الصُّلْبِ.
   - مصهورُ KCl.
   - ملحُ $MgCl_2$ الصُّلْبُ.
   - فلزُّ Al.
   - محلولُ NaCl.
3. **أُقارِنُ** بينَ الموادِّ الأيونيةِ والتساهميةِ والفلزِّيةِ كما في الجدولِ الآتي:

المادةُ	نوعُ الرابطةِ	التوصيلُ الكهربائيُّ	
		الصُّلْبُ	المصهورُ
الأيونيةُ			
التساهميةُ			
الفلزِّيةُ			

4. أكتبُ الصيغةَ الكيميائيةَ للمُركَّباتِ الآتيةِ: نتراتُ الصوديومِ، كبريتاتُ المغنيسيومِ، أكسيدُ الكالسيومِ.
5. **أُفسِّرُ:** يصعبُ الفصلُ بينَ الأيوناتِ السالبةِ والأيوناتِ الموجبةِ في البلّورةِ الأيونيةِ.
6. **تحفيزٌ:** ما تكافؤُ كلٍّ منَ المجموعتيْنِ: NH_4، وَ CrO_4 في المُركَّبِ الآتي: $(NH_4)_2CrO_4$؟

مراجعة الدرس

1

الخصائص	الأيونية	التساهمية	الفلزية
القساوة:	قاسية.	هشَّة.	صُلْبة.
درجات الانصهار والغليان:	مرتفعة نسبيًّا.	منخفضة نسبيًّا.	مرتفعة نسبيًّا.
التوصيل الكهربائي:	موصِلة جيدة للتيار الكهربائي في حالة المحلول أو المصهور.	غير موصِلة للتيار الكهربائي.	موصِلة للتيار الكهربائي.

2

المادة	حبيبات السكر	مصهور KCl	ملح $MgCl_2$	فلز Al	محلول NaCl
نوع المركب:	جزيئي.	أيوني.	أيوني.	فلزي.	أيوني.

3

المادة	نوع الرابطة	التوصيل الكهربائي	
		الصُّلْب	المصهور
الأيونية	أيونية.	غير موصِل.	موصِل.
التساهمية	تساهمية.	غير موصِل.	غير موصِل.
الفلزية	فلزية.	موصِل.	موصِل.

4 $NaNO_3$، $MgSO_4$، CaO

5 بسبب قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة في البلورة (قوة الرابطة الأيونية).

6 تكافؤ CrO_4: 2، تكافؤ NH_4: 1

الإثراء والتوسع

السبائكُ Alloys

اطلب إلى الطلبة البحث عن أهمية السبائك وأنواعها واستخداماتها المتنوعة في حياتنا اليومية، ثم كتابة تقرير أو إعداد عرض تقديمي عن ذلك لمناقشته في غرفة الصف.

نشاط سريع

1. أذب (5 g) من هيدروكسيد الكالسيوم في كأس زجاجية تحوي (25 ml) من الماء.
2. أضف (2 g) من الخارصين إلى المحلول، ثم ضعه على جهاز التسخين حتى يصل الخليط إلى درجة حرارة أقل من درجة الغليان.
3. أضف قطعًا نحاسية إلى الكأس، ثم قلبِّها مرّات عِدَّة باستعمال الملقط.
4. ارفع الكأس عن جهاز التسخين عندما تصبح قطع النحاس فضية اللون، ثم اسأل الطلبة:

ما الذي حدث لقطع النحاس؟

5. ضع قطع النحاس على جهاز التسخين حتى يتحوَّل لونها إلى اللون الذهبي، ثم اسأل الطلبة:

ما الذي حدث لقطع النحاس؟

6. ناقِش الطلبة في موضوع السبائك وأهميتها في حياتنا اليومية.

التخلُّص من النفايات

- اغسل الكمية المتبقية من الخارصين بالماء البارد، ثم اسكب الماء في المغسلة، وضع الخارصين في سلَّة المهملات.
- خفِّف من تركيز NaOH المتبقي، ثم اسكبه في المغسلة.

الإثراءُ والتوسعُ

السبائكُ Alloys

سِكَّةُ حديدٍ مصنوعةٌ منْ سبائكِ الفولاذِ والمنغنيزِ.

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

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

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

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

ابحث مستعينًا بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ، أبحثُ عنْ خصائصِ السبائكِ الآتيةِ واستعمالاتِها: الستانلس ستيل Steel Stanles، البرونزُ Bronze، سبيكةُ النحاسِ والنيكلِ Cuper - Nickel، ثمَّ أكتبُ تقريرًا عنْها، ثمَّ أُناقِشُهُ معَ المعلِّمِ والزملاءِ في الصفِّ.

82

طريقة أخرى للتدريس

- وزِّع على الطلبة جدولًا يحوي خصائص بعض الفلزات، وأمثلة على بعض السبائك، ثم اطلب إليهم البحث عن استخدامات السبائك تبعًا لخصائص الفلزات المُكوِّنة لها.

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

1. نوعُ الرابطةِ في مُركَّبِ كلوريدِ الليثيومِ:
   أ . رابطةٌ تساهميةٌ أحاديةٌ.
   ب . رابطةٌ تساهميةٌ ثنائيةٌ.
   جـ . رابطةٌ أيونيةٌ.
   د . رابطةٌ فلزّيةٌ.
2. نوعُ الرابطةِ بينَ ذرّاتِ عنصرِ الصوديومِ Na:
   أ . رابطةٌ تساهميةٌ أحاديةٌ.
   ب . رابطةٌ تساهميةٌ ثنائيةٌ.
   جـ . رابطةٌ أيونيةٌ.
   د . رابطةٌ فلزّيةٌ.
3. واحدةٌ منَ الصيغِ الكيميائيةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ أيونيَّةٍ:
   أ . CO.
   ب . H_2O.
   جـ . MgO.
   د . HCl.
4. واحدةٌ منَ الصيغِ الكيميائيةِ الآتيةِ تحتوي على رابطةٍ تساهميةٍ ثلاثيةٍ:
   أ . N_2.
   ب . O_2.
   جـ . H_2.
   د . Cl_2.
5. الصيغةُ الكيميائيةُ لمُركَّبِ نتراتِ الكالسيومِ هيَ:
   أ . $CaNO_3$.
   ب . $Ca(NO_3)_2$.
   جـ . Ca_2NO_3.
   د . $Ca_2(NO_3)_2$.
6. عددُ روابطِ سيجما σ وروابطِ باي π في الصيغةِ: $CH_3CH = CH_2$ هوَ:
   أ . 3 ، σ 2 ، π.
   ب . 5 ، σ 2 ، π.
   جـ . 8 ، σ 1 ، π.
   د . 9 ، σ 1 ، π.
7. عندَ اتحادِ ذرّاتِ عنصرِ X الذي عددُهُ الذرّيُّ (7) معَ ذرّاتِ عنصرِ Y الذي عددُهُ الذرّيُّ (17)، فإنَّ صيغةَ الجزيءِ الناتجِ هيَ:
   أ . XY_7.
   ب . X_3Y.
   جـ . XY_3.
   د . X_7Y.
8. إحدى الآتيةِ ليسَتْ منْ خصائصِ المُركَّباتِ الأيونيةِ:
   أ . ذائبيتُها في الماءِ عاليةٌ.
   ب . موصلةٌ للكهرباءِ في حالةِ المحلولِ.
   جـ . درجةُ غليانِها مرتفعةٌ.
   د . مُتطايرةٌ.
9. المادةُ الموصلةُ للتيارِ الكهربائيِّ في الحالةِ الصُّلْبةِ هيَ:
   أ . Mg.
   ب . $NaCl$.
   جـ . CH_4.
   د . He.
10. إذا كانَ فرقُ السالبيةِ الكهربائيةِ بينَ ذرَّتيْنِ أكبرَ منِ 2 وفقًا لمقياسِ باولنج، فإنَّ الرابطةَ المُتوقَّعةَ هيَ:
    أ . فلزيةٌ.
    ب . أيونيةٌ.
    جـ . تساهميةٌ أحاديةٌ.
    د . تساهميةٌ ثلاثيةٌ.
11. إذا كانَ التمثيلُ النقطيُّ لعنصرٍ هوَ ($\dot{\underset{\cdot}{X}}$)، فإنَّ العددَ الذرّيَّ للعنصرِ هوَ:
    أ . 3.
    ب . 5.
    جـ . 13.
    د . 15.

مراجعةُ الوحدةِ

2 أسئلة الاختيار من مُتعدِّد:

رقم الفقرة	رمز الإجابة
1	C
2	D
3	C
4	A
5	B
6	C
7	C
8	D
9	A
10	D
11	D

2 • **الرابطة الأيونية**: القوة التي تجذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة في المركبات.

• **الرابطة التساهمية**: رابطة كيميائية ناتجة من تشارك زوج أو أكثر من الإلكترونات بين ذرَّتين أو أكثر من العناصر اللافلزية.

• **الرابطة الفلزية**: قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات حُرَّة الحركة في الشبكة البلورية.

• **التكافؤ**: عدد الإلكترونات التي تكسبها الذَّرَّة، أو تفقدها، أو تشارك بها، وتساوي عدديًّا شحنة العنصر.

• **تركيب لويس**: تمثيل نقطي لإلكترونات التكافؤ التي تشارك في تكوين الروابط الكيميائية، ويُرمَز إلى كل إلكترون تكافؤ بنقطة واحدة توضَع على رمز العنصر.

3

الخاصية	المركبات الأيونية	المركبات التساهمية
درجات الانصهار والغليان:	عالية.	منخفضة غالبًا.
الذائبية في الماء:	تذوب.	لا تذوب غالبًا.
توصيل الكهرباء في الحالة الصُّلْبة:	غير موصِلة.	غير موصِلة، ما عدا الغرافيت.
توصيل الكهرباء في حالة المحلول:	موصِلة.	غير موصِلة بوجه عام، وبعضها موصِل.

4 أ + ب

جـ. ذَرَّة الكالسيوم تفقد إلكترونين من المستوى الخارجي، فتتحوَّل إلى أيون الكالسيوم الثنائي الموجب الأقرب إلى الغاز النبيل الآرغون.

د . تكافؤ ذَرَّة الكالسيوم هو 2، وتكافؤ ذَرَّة الأكسجين هو 2.

5 نترات الأمونيوم: NH_4NO_3

هيدروكسيد الحديد (II): $Fe(OH)_2$

كبريتات الكالسيوم: $CaSO_4$

6 عمل دارة كهربائية لدراسة التوصيل الكهربائي لمحلولي المادتين كما في التجربة 1 و2

7 أ. لوجود إلكترونات حُرَّة الحركة في بلورة الفلز.

ب. درجة الانصهار ودرجة الغليان لمركب MgO الذي يحمل الشحنتين $Mg^{2+}O^{2+}$ أعلى من درجتي انصهار وغليان Na^+Cl^- ؛ لأنَّ زيادة الشحنات على الأيونات تؤدي إلى زيادة قوة التجاذب بينها، فتحتاج إلى طاقة أكبر للتغلُّب عليها.

2. أُوضِّحُ المقصودَ بالمصطلحاتِ الآتيةِ:
الرابطةُ الأيونيةُ، الرابطةُ التساهميةُ، الرابطةُ الفلزِّيةُ، التكافؤُ، تركيبُ لويس.

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

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

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

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

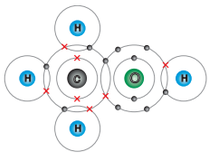
6. أُصمِّمُ تجربةً أُميِّزُ فيها بينَ مُركَّبِ بروميدِ البوتاسيومِ KBr وشمعِ البارفينِ.

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

8. أُفسِّرُ سببَ عدمِ قابليةِ المُركَّباتِ الأيونيةِ للطَّرْقِ والسَّحْبِ، مُستعينًا بنموذجِ الرابطةِ الفلزِّيَّةِ.

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

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

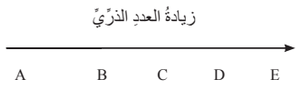


أ . أُبيِّنُ عددَ إلكتروناتِ التكافؤِ لكلٍّ منْ ذرَّتَي O، وَ C.
ب . أُحدِّدُ نوعَ الروابطِ التساهميةِ المُتكوِّنةِ في هذا الجزيءِ.
جـ . أذكرُ عددَ أزواجِ الإلكتروناتِ الرابطةِ.
د . أُمثِّلُ الجزيءَ باستخدامِ تركيبِ لويس.

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

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

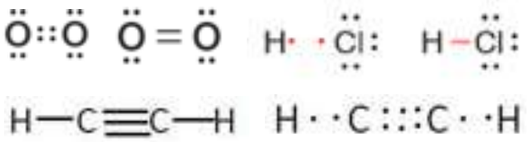
13. أستنتجُ العناصرَ الافتراضيةَ الآتيةَ متتاليةً كما يأتي:



إذا كانَ العنصرُ B في مُركَّباتِهِ أيونًا أحاديًّا سالبًا، فما نوعُ الرابطةِ التي تنشأُ بينَ ذرّاتِ العناصرِ الآتيةِ:
أ . A معَ B.
ب . B معَ D.
ج . B بعضُها معَ بعضٍ.
د . E بعضُها معَ بعضٍ.

8 تنزلق صفوف الأيونات الموجبة بعضها عن بعض، ولكنَّها تظلُّ في بحر الإلكترونات نفسه.

9



10 أ . عدد إلكترونات تكافؤ ذَرَّة الكربون هو 4، وعدد إلكترونات تكافؤ ذَرَّة الأكسجين هو 6

ب. روابط تساهمية أحادية.

جـ. عدد أزواج إلكترونات الرابطة هو 5

د . الشكل في السؤال

11 ClO_3: -1 ، Al: +3

12 $CuCl_2$(II) ، CuCl(I)

13 أ : أيونية. ب: أيونية. جـ: تساهمية. د : فلزية.

14. أستنتجُ: أيُّ الموادِّ الآتيةِ: (C_2H_4، C_2H_2، KCl، CH_4، Al) تُعَدُّ مثالًا على مادةٍ:

أ . توصلُ التيارَ الكهربائيَّ وهيَ في الحالةِ الصُّلْبةِ؟

ب . توصلُ التيارَ الكهربائيَّ وهيَ في حالةِ المحلولِ فقطْ؟

جـ . قابلةٍ للطَّرْقِ والسَّحْبِ؟

د . روابطُها تساهميةٌ أحاديةٌ؟

هـ . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثنائيةً؟

و . تمتلكُ رابطةً تساهميةً ثلاثيةً؟

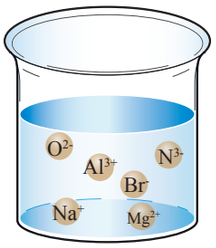
15. أُصمِّمُ خريطةً مفاهيميةً: درَسْتُ في الوحدةِ الثانيةِ المفاهيمَ الأساسيةَ الآتيةَ، أُصمِّمُ خريطةً مفاهيميةً مناسبةً لتحديدِ العلاقاتِ بينَ هذهِ المفاهيمِ:

الرابطةُ التساهميةُ الثنائيةُ | الرابطةُ التساهميةُ الأحاديةُ | تركيبُ لويس | أيونٌ سالبٌ

الرابطةُ الأيونيةُ | الرابطةُ التساهميةُ | أيونٌ موجبٌ | الروابطُ الكيميائيةُ

مُركَّبٌ أيونيٌّ | الرابطةُ التساهميةُ الثلاثيةُ | الصيغُ الكيميائيةُ

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



مراجعةُ الوحدةِ

14 أ : Al

ب : KCl

جـ : Al

د : CH_4

هـ : C_2H_4

و : C_2H_2

15 تُقبَل الخرائط المفاهيمية من الطلبة؛ على أنْ تُصحِّح الخطأ منها.

16 AlN، $AlBr_3$، Al_2O_3، Na_2O، NaBr، Na_3N، MgO، Mg_3N_2، $MgBr_2$، N_2O_3، NBr_3، OBr_2.

ملحق إجابات

كتاب الأنشطة والتمارين

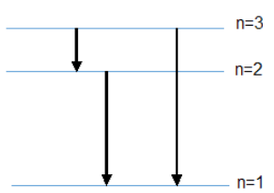
محاكاة لأسئلة الاختبارات الدولية: الإجابات

إجابة السؤال الأول:

4) 400nm - 450nm

إجابة السؤال الثاني:

أ)



ب) أُحدِّد مستويي الطاقة الموافقة لكل طيف، مُبيِّنًا الأسس التي اعتمدْتُها.

يظهر الطيف الأحمر عند انتقال الإلكترون بين المستوى (n=3) والمستوى (n=2)؛ ذلك أنَّ فرق الطاقة بينهما أقل ما يمكن؛ لذا يكون طول الموجة أكبر ما يمكن، وهو أقرب إلى اللون الأحمر.

أمّا الطيف الأزرق فهو أكبر طاقة من الطيف الأحمر؛ لذا يكون انتقال الإلكترون بين المستوى (n=3) والمستوى (n=1)؛ إذ إنَّ فرق الطاقة بينهما أكبر ما يمكن، وطول الموجة أقل ما يمكن، وهو أقرب إلى اللون الأزرق.

محاكاةٌ لأسئلةِ الاختباراتِ الدوليةِ

سؤالٌ:

تناقشَتْ سلمى وَتالا في صفاتِ العناصرِ وأيوناتِها، وقدِ ادَّعتْ سلمى أنَّ الخصائصَ الكيميائيةَ والفيزيائيةَ للذرَّةِ لا تتغيَّرُ عندَ تحوُّلِها إلى أيونٍ، في حينِ رأَتْ تالا أنَّ الأيونَ يختلفُ اختلافًا كبيرًا عنْ ذرَّتِهِ:

أ - أيُّ الرأيَيْنِ أكثرُ دقَّةً؟ أُفسِّرُ إجابتي.

.....

.....

.....

.....

ب- أذكرُ شواهدَ منَ الصفاتِ الدوريةِ للعناصرِ تُعزِّزُ الرأيَ الذي أيَّدْتُهُ.

.....

.....

.....

.....

أ . الرأي الثاني أكثر دقة، بناءً على اختلاف التوزيع الإلكتروني بين الذَّرَّة وأيوناتها، وارتباط الصفات الكيميائية والفيزيائية بالتوزيع الإلكتروني.

ب . من الصفات التي تختلف فيها الذَّرّات عن أيوناتها: الحجم الذَّرِّي، والحجم الأيوني، وما يرتبط بهما من صفات، مثل طاقة التأين.

إجابة السؤال الأول:

أ – المواد الأيونية: كلوريد الكالسيوم، بلورات يوديد البوتاسيوم 1
المواد الجزيئية: اليود، بلورات هيدروكسيد الصوديوم NaOH، بلورات سكر الفركتوز.

ب– باستخدام تجربة التوصيل الكهربائي.

إجابة السؤال الثاني:

جـ– صُلْب، موصِل للتيار الكهربائي، قابل للطرق والسحب.

إجابة السؤال الثالث:

أ – A و D .

ب– لأنَّ العنصر A يحتوي في مستوى طاقته الخارجي على إلكترون واحد يُمكِن فقده، في حين يحتوي العنصر D في مستوى طاقته الخارجي على سبعة إلكترونات، ويُمكِنه اكتساب إلكترون واحد فقط؛ لذا يتكوَّن مركب أيوني عند اتحادهما.

جـ–

د– رابطة تساهمية ثنائية.

ه– صُلْب، قابل للتوصيل الحراري والكهربائي.