

**الفكرة العامة** لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

### 1-1 الضوء وطاقة الكم

**الفكرة الرئيسية** للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

### 1-2 نظرية الكم والذرة

**الفكرة الرئيسية** تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

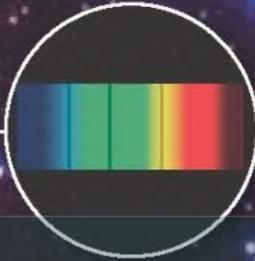
### 1-3 التوزيع الإلكتروني

**الفكرة الرئيسية** يُحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة من خلال ثلاث قواعد.

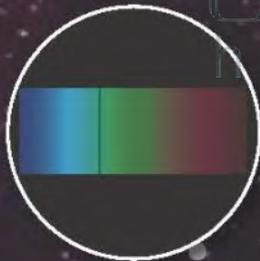
## حقائق كيميائية

- يستخدم العلماء طيف الامتصاص النجمي لتعرف العناصر التي تتركب منها النجوم وتصنيفه ضمن أحد أنواع الطيف العديدة.
- ترتبط خواص طيف الامتصاص النجمي مع درجة حرارة سطح النجم.
- كشف الطيف النجمي أن النجوم تتكون من العناصر الموجودة على الأرض نفسها.
- يوجد 600 خط معتم تقريبًا في طيف الامتصاص الشمسي.

طيف الامتصاص لنجم  
منكب الجوزاء



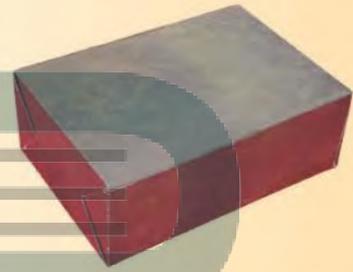
طيف الامتصاص لنجم  
رجل الجبار أو الثياد



## تجربة استهلاكية

كيف تعرف ما بداخل الكرة؟

إذا أهدي إليك هدية في علبة بمناسبة نجاحك، وحاولت أن تتوقع الهدية دون فتحها. فإن ما قمت به يشبه ما قام به الكيميائيون الأوائل لتحديد تركيب الذرة.



التوزيع الإلكتروني  
اعمل مطوية تساعدك  
على تلخيص القواعد  
الثلاث التي تحدد ترتيب  
الإلكترونات في الذرة.

### المطويات

منظمات الأفكار



**خطوة 1** اثن ورقة عند  
منتصفها طولياً، على أن تكون  
الحافة الخلفية أطول من الحافة  
الأمامية 2 cm تقريباً.



**خطوة 2** اطو الورقة لتشكّل

### تحليل النتائج :

١- تحديد ما إذا كان الجسم في الداخل له نفس  
حجم الصندوق وشكله، يرفع الصندوق لتقدير  
وزنه، يهز الصندوق للشعور بأي حركة للجسم  
داخله، محاولة تمييز أي روائح وسماع أي أصوات  
تصدر عن الصندوق.

٢- السمع واللمس والرائحة .

٣- تحديد نوع الجسم يعتمد بشكل رئيسي على  
الملاحظة، على الرغم من أهمية حاستي اللمس  
والسمع.

### خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. احصل على صندوق مغلف من المعلم.
3. حاول أن تعرف ما بداخل الصندوق بكل طريقة  
ممكنة، دون إزالة الغلاف عن الصندوق أو فتحه.
4. سجل ملاحظاتك خلال عملية الاستكشاف هذه.

### تحليل النتائج

1. صف كيف تمكنت من تحديد صفات الجسم  
الموجود داخل الصندوق، ومنها حجمه وشكله  
ومكوناته؟
2. حدّد الحواس التي استخدمتها في ملاحظاتك.
3. ناقش لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود  
داخل الصندوق دون فتحه؟

**استقصاء** بعد قراءتك لهذا الفصل، صمّم استقصاءً  
آخر يوضّح الصعوبات المرتبطة مع دراسة مكونات  
الذرة.

## الضوء وطاقة الكم

### Light and Quantized Energy

تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.

تعرف طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.

تقارن بين الطيف

الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

**الفكرة الرئيسية** للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية: موجية وجسيمية.

**الربط مع الحياة** هل قمت يوماً بتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم حزم صغيرة من الطاقة بتسخينه في وقت قصير.

### الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات

#### The Atom and Unanswered Questions

بعد اكتشاف الجسيمات الثلاثة المكونة للذرة مع بداية القرن التاسع عشر، واصل العلماء جهودهم لفهم تركيب الذرة وتوزيع الإلكترونات داخلها.

اقترح رذرفورد أن شحنة نواة الذرة موجبة، وأن كتلة الذرة متركرة في النواة المحاطة بالإلكترونات سريعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضاً سبب عدم انجذاب الإلكترونات السالبة الشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكن العلماء من تفسير الاختلاف والتشابه في السلوك الكيميائي للعناصر المختلفة.

فعلى سبيل المثال، توجد عناصر الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم في دورات مختلفة من الجدول الدوري، ومع ذلك فخواصها الكيميائية متشابهة؛ فهي تظهر في صورة فلزات في الطبيعة، وتتفاعل ذراتها بشدة مع الماء مطلقاً غاز الهيدروجين ولكنها تختلف في شدة تفاعلها، حيث يتفاعل كل من الصوديوم والبوتاسيوم بشدة مع الماء، كما في الشكل 1-1، حتى أن غاز الهيدروجين قد يشتعل عندئذ أو ينفجر.

في أوائل القرن التاسع عشر بدأ العلماء كشف لغز السلوك الكيميائي؛ إذ لاحظوا انبعاث ضوء مرئي من عناصر معينة عند تسخينها بواسطة اللهب. وأظهر تحليل هذا الضوء المنبعث ارتباط سلوك العنصر الكيميائي بتوزيع الإلكترونات في ذراته. ولفهم هذه العلاقة وطبيعة البناء الذري، سيكون من المفيد أولاً فهم طبيعة الضوء.

#### مراجعة المفردات

**الإشعاع:** هو الأشعة أو الجسيمات - ومنها جسيمات ألفا، وجسيمات بيتا، وأشعة جاما - المنبعثة عن مادة مشعة.

#### المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي  
الطول الموجي  
التردد  
سرعة الموجة  
الطيف الكهرومغناطيسي  
سعة الموجة  
الطيف الكهرومغناطيسي  
الكم

ثابت بلانك

التأثير الكهروضوئي

الفوتون

طيف الانبعاث الذري

الشكل 1-1 لعناصر المختلفة

تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها

تختلف في شدة التفاعل.



بوتاسيوم



صوديوم



ليثيوم

زيادة شدة التفاعل ←

## الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

يُعدُّ الضوء المرئي نوعاً من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو شكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء. ومن الأمثلة الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي الميكروويف الذي يستخدم في طهي الطعام، والأشعة السينية التي يستخدمها الأطباء لفحص العظام والأسنان، والموجات التي تحمل برامج المذياع والتلفاز إلى المنازل.

**خصائص الموجات** يمكن أن توصف الموجات جميعها بخصائص عدة، قد يكون بعضها مألوفاً لك. فعند رميك حجراً في بركة ماء مثلاً تتكون موجات دائرية مركزها الحجر الذي رميته تشبه تلك التي تظهر في الشكل 1-2a.

**الطول الموجي** هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتالين، كما هو موضح في الشكل 1-2b. ويرمز له بالرمز اليوناني لمدا (λ)، ويقاس بالأمتار أو السنتيمترات أو النانومترات (1nm=1×10<sup>-9</sup>m).

**التردد** هو عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية، ويرمز له بالرمز اليوناني ν (نيو)؛ ويقاس التردد بالهرتز Hz؛ وهو وحدة قياس عالمية تساوي موجة واحدة في الثانية. وفي الحسابات، يعبر عن التردد بوحدة موجة لكل ثانية (1/s) (s<sup>-1</sup>)، وعندما يعبر عنه بهذه الطريقة، يتم فهم المقصود بالموجة. فعلى سبيل المثال:

$$652 \text{ Hz} = 652 \text{ موجة/ثانية} \text{ أو } 652 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ Hz} = 1 \times 10^{-3} \text{ KHz}$$

$$1 \text{ Hz} = 1 \times 10^{-6} \text{ MHz}$$

تعلمت سابقاً أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كذلك التي تظهر في الشكل 1-2b بتحريك نهاية الحبل الحرة إلى أسفل أو أعلى مسافة كبيرة. وتعرف سعة الموجة بأنها مقدار ارتفاع القمة أو انخفاض القاع عن مستوى خط الأصل. والطول الموجي والتردد لا يؤثران في سعة الموجة.

تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية - ومنها الضوء المرئي - بسرعة ثابتة  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$  في الفراغ، وتعرف المسافات التي تقطعها الموجة في الثانية الواحدة أثناء انتشارها بـ سرعة الموجة، يرمز لسرعة الضوء بالرمز c، وهي تساوي حاصل ضرب الطول الموجي (λ) للضوء في تردده (ν).

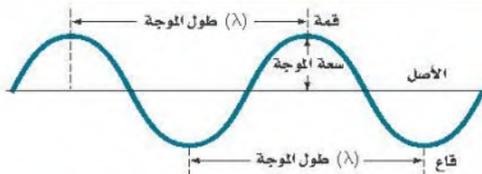
### معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

$$c = \lambda \nu$$

ν التردد.

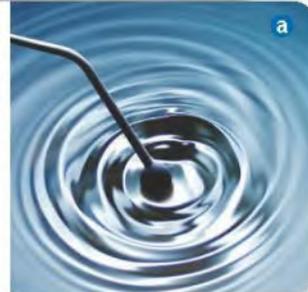
سرعة الضوء في الفراغ تساوي حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.



الشكل 1-2. تظهر للوجات المائية المتعددة المركز الصفات المميزة لكل الموجات.

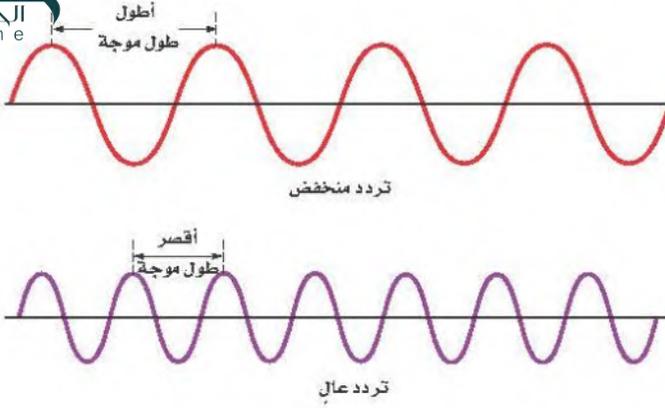
أ. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسة للموجات.

ب. حدد من الصورة، قمة، وقاعاً، وطولاً موجياً.



### رموز الكتب

يرمز لكمية التردد Frequency في كتاب الكيمياء بالرمز نيو (ν) وبالرمز f في كتاب الفيزياء؛ وكلاهما صحيحان ويعبران عن نفس الكمية.



الشكل 3-1 توضح هذه الموجات العلاقة

بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلَّ التردد.

استنتج هل يؤثر التردد والطول الموجي

في سعة الموجة؟

اجابة سؤال الشكل 3-1

لا يؤثر طول الموجة وترددها في سعتها.

على الرغم من تساوي سرعة الموجات الكهرومغناطيسية جميعها في الفراغ إلا أنه قد يكون للموجات أطوال موجات وترددات مختلفة. وكما ترى من المعادلة في الصفحة السابقة، فإن الطول الموجي والتردد يتناسبان عكسيًا أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحو أفضل، تفحص الموجتين المرسومتين في الشكل 3-1. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تتقلبان بسرعة الضوء إلا أنك تستطيع ملاحظة أن الموجة الحمراء لها طول موجة أكبر وتردد أقل من الموجة البنفسجية.

**الطيف الكهرومغناطيسي** يحتوي ضوء الشمس - وهو مثال على الضوء الأبيض - على مدى متصل من أطوال الموجات والترددات. وعند مرور الضوء الأبيض من خلال المنشور يفصل إلى طيف متصل من الألوان يشبه الطيف الميّن في الشكل 4-1، وهذه هي ألوان الطيف المرئي، المسمى بالطيف المستمر؛ وذلك لأن كل نقطة فيه تتوافق مع طول موجة وتردد مميزين. وقد تكون ألوان هذا الطيف مألوفة لديك، فإذا كنت قد رايت قوس المطر من قبل فقد رأيت الألوان المرئية كلها مرة واحدة. ويتشكل قوس المطر عندما تشتت قطرات الماء الصغيرة الموجودة في الهواء ضوء الشمس الأبيض إلى ألوانه؛ إذ يتشكل الطيف في صورة قوس في السماء.

### مهن في الكيمياء

**محللو الطيف** تحليل الطيف هو دراسة الطيف المتصل أو المنقطع من المادة. وبما أن لكل عنصر طيف مميز وفريد من نوعه ويشبه بصمة الإصبع، لذا يستخدم علماء الفيزياء الفلكية التحليل الطيفي للكشف عن مكونات بعض النجوم مثل الشمس. ويظهر طيف الامتصاص النجمي خطوطًا معتمة كثيرة، تُمكن محللي الطيف من تعرف العناصر الموجودة في النجم.



الشكل 4-1 عندما يمر الضوء الأبيض عبر

منشور يفصل إلى مكوناته المختلفة كطيف متصل:

الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والبنفسجي، والبنفسجي.



King Faisal  
PRIZE



مُنح البروفيسور مصطفى عمرو السيد جائزة الملك فيصل / فرع العلوم عام 1410م.. لأنه برع وكان من ألع الكيميائيين الفيزيائيين المعاصرين،

جواب سؤال ماذا قرأت :

تزداد الطاقة بازدياد التردد.

ولقد سُميت بعض قواعد التفاعلات التي اكتشفها باسمه، فيقال عنها قواعد السيد.

\* المصدر: موقع جائزة الملك فيصل / فرع العلوم  
<http://kingfaisalprize.org/ar/science/>

يظهر الطيف المرئي للضوء، في الشكل 1-4، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في الشكل 1-5. ويشتمل الطيف الكهرومغناطيسي، على أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي كلها، وهو عبارة عن سلسلة من الموجات المتصلة التي تسير بسرعة الضوء والتي تختلف في التردد، والطول الموجي فقط، ويظهر الشكل 1-4 اختلاف زاوية ميل الإشعاع باختلاف الطول الموجي أثناء مروره خلال المنشور، مما ينتج عنه سلسلة من الألوان (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي وبنفسجي). كما نلاحظ عند دراسة طاقة الإشعاع الميئية في الشكل 1-5، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وبناءً على ذلك، يُظهر الشكل 1-3 أن تردد الضوء البنفسجي أكبر. وعليه فإن طاقته أكبر من الضوء الأحمر. وستدرس لاحقاً العلاقة بين التردد والطاقة.

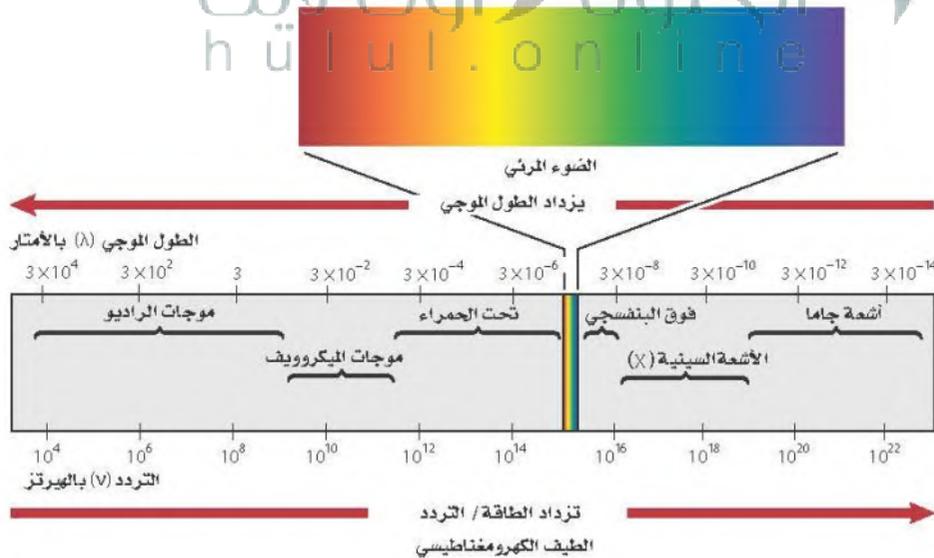
يمكنك استخدام المعادلة  $c = \lambda \nu$  لحساب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تنتقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

✓ ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وتردده.

الربط الفيزياء

تعرض أجسامنا للإشعاع الكهرومغناطيسي من مصادر متنوعة. فبالإضافة إلى الإشعاع الصادر من الشمس، ينتج عن النشاطات الإنسانية إشعاعات تشمل موجات الراديو والتلفزيون، ومحطات تقوية الهاتف، والمصابيح، ومعدات الأشعة السينية الطبية، كما تساهم المصادر الطبيعية على الأرض مثل البرق، والنشاط الإشعاعي الطبيعي في ذلك. وتعتمد معرفة الكون على الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من الأجسام البعيدة كالنجوم التي تُرصد بأجهزة متخصصة على الأرض.

الشكل 1-5 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعاً من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه جزءاً ضيقاً جداً. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



**حساب الطول الموجي لموجة كهرومغناطيسية** تستخدم موجات الميكروويف في طهي الطعام، ونقل المعلومات. فما الطول الموجي لموجات الميكروويف التي ترددها  $3.44 \times 10^9$  Hz؟

## 1 تحليل المسألة

تردد موجة الميكروويف معطى. وتعرف أيضًا أن موجات الميكروويف هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يرتبط كل من سرعته وتردده وطول موجته مع المعادلة  $c = \lambda \nu$ ؛ حيث قيمة  $c$  معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

## المعطيات

$$\nu = 3.44 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

## المطلوب

$$\lambda = ? \text{ m}$$

## 2 حساب المطلوب

حل المعادلة التي تربط بين السرعة والتردد والطول الموجي للموجة الكهرومغناطيسية للحصول على الطول الموجي ( $\lambda$ ).

$$c = \lambda \nu$$

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$\lambda = c / \nu$$

حل لإيجاد  $\lambda$

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ Hz}} \quad \nu = 3.44 \times 10^9 \text{ Hz}, \quad c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

عوض قيم  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$  و  $\nu = 3.44 \times 10^9 \text{ Hz}$

لاحظ أن الهرتز يساوي  $1/\text{s}$  أو  $\text{s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{3.00 \times 10^8 \text{ m/s}}{3.44 \times 10^9 \text{ s}^{-1}}$$

اقسم الأرقام والوحدات

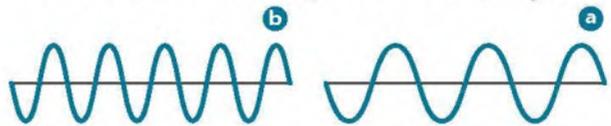
$$\lambda = 8.72 \times 10^{-2} \text{ m}$$

## 3 تقويم الإجابة

الإجابة معبر عنها بوحدات صحيحة للطول الموجي (m). وكلتا القيمتين المعروفتين في المسألة معبر عنها بثلاثة أرقام معنوية، لذا، يجب أن تحتوي الإجابة على ثلاثة أرقام معنوية، وهي كذلك. وقيمة الطول الموجي ضمن نطاق الطول الموجي للميكروويف المبين في الشكل 5-1.

## مسائل تدريبية

1. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي  $4.90 \times 10^{-7} \text{ m}$ . فما تردد موجة هذا الضوء؟
2. يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم وتستعمل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي  $1.15 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟
3. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي  $7.8 \times 10^2 \text{ Hz}$ . ما سرعة هذه الموجة؟
4. تحفيز: تذييع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz، في حين تذييع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



# الإلكترونيات في الذرات

## 1-1 الضوء وطاقة الكم

محطة FM

$$c = \lambda v \rightarrow \lambda = \frac{c}{v}$$

$$\lambda = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(9.47 \times 10^7 \text{ s}^{-1})} = 3.17 \text{ m}$$

موجات FM يمثلها الرسم b

محطة AM

$$c = \lambda v \rightarrow \lambda = \frac{c}{v}$$

$$\lambda = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(3.626 \times 10^5 \text{ s}^{-1})} = 820 \text{ m}$$

المحطة التي ترددها 820 kHz لها طول موجة أكبر.

موجات AM يمثلها الرسم a

5. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التالية:

a.  $6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$

$$E_{\text{photon}} = hv$$

$$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1})$$

$$E_{\text{photon}} = 4.19 \times 10^{-13} \text{ J}$$

b.  $9.50 \times 10^{13} \text{ Hz}$

$$E_{\text{photon}} = hv$$

$$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (9.50 \times 10^{13} \text{ s}^{-1})$$

$$E_{\text{photon}} = 6.29 \times 10^{-20} \text{ J}$$

c.  $1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$

$$E_{\text{photon}} = hv$$

$$= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1})$$

$$E_{\text{photon}} = 6.96 \times 10^{-18} \text{ J}$$

مسائل تدريبية

1. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي  $4.90 \times 10^{-7} \text{ m}$ . فما تردد موجة هذا الضوء؟

$$c = \lambda v$$

$$(3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) = (4.90 \times 10^{-7} \text{ m}) v$$

$$v = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(4.90 \times 10^{-7} \text{ m})} = 6.12 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

2. يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم، وتُستعمل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي  $1.15 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟

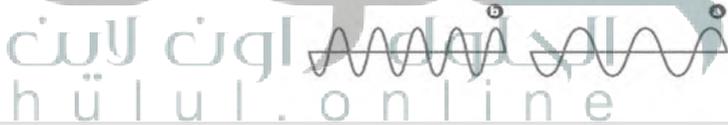
$$c = \lambda v$$

$$(3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) = (1.15 \times 10^{-10} \text{ m}) v$$

$$v = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.15 \times 10^{-10} \text{ m})} = 2.61 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

3. بعد تحليل دقيق، وُجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي  $7.8 \times 10^2 \text{ Hz}$ . ما سرعة هذه الموجة؟  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

4. تحفيز تذبذب محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz، في حين تذبذب محطة AM بتردد مقداره 820 kHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



6. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي  $0.125 \text{ m}$  لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

$$E_{\text{photon}} = h \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.25 \times 10^{-1} \text{ m})}$$

$$= 1.59 \times 10^{-24} \text{ J}$$

7. تحفيز يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخن إلى درجة حرارة  $1500 \text{ K}$  تقريباً، يُشع لوناً أزرق ذا طول موجي  $4.50 \times 10^2 \text{ nm}$ . ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

$$E_{\text{photon}} = h \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(4.50 \times 10^{-9} \text{ m})}$$

$$= 4.42 \times 10^{-17} \text{ J}$$

## الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

على الرغم من أن اعتبار الضوء موجة يفسر الكثير من سلوكه إلا أن هذه الحقيقة قد فشلت في تفسير الكثير من صفات الضوء التي تبين أنه مادة؛ إذ لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسير لماذا تطلق الأجسام الساخنة فقط ترددات محددة من الضوء عند درجات حرارة معينة، أو لماذا تطلق بعض الفلزات إلكترونات عندما يسقط عليها ضوء ذو تردد معين. لذا أدرك العلماء الحاجة إلى بناء نموذج جديد، أو مراجعة النموذج الموجي للضوء لمعالجة هذه الظواهر.

**مفهوم الكم** تشع الأجسام ضوءاً عند تسخينها، انظر الشكل 6-1 الذي يوضح هذه الظاهرة؛ إذ تبدو قطعة الحديد رمادية داكنة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها تتوهج باللون الأحمر عند تسخينها بصورة كافية، ثم تتحول إلى اللون البرتقالي، ثم إلى اللون الأزرق إذا سخنت أكثر. وسوف تتعلم أن درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألواناً مختلفة من الضوء ذات ترددات وأطوال موجية مميزة لها.

لم يستطع النموذج الموجي تفسير انبعاث هذه الأطوال الموجية المختلفة. وفي عام 1900م بدأ الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (1858 - 1947م) البحث عن هذه الظاهرة عندما كان يدرس الضوء المنبعث من الأجسام الساخنة. وقادته هذه الدراسة إلى استنتاج مدهش وهو: أنه يمكن للمادة أن تكتسب أو تخسر طاقة على دفعات بكمية صغيرة محددة تُسمى الكم. والكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تكتسبها الذرة أو تفقدها.

### ✓ ماذا قرأت؟ فسر لماذا يتغير لون الأجسام الساخنة تبعاً لدرجة حرارتها؟

أدت الخبرة السابقة بالعلماء إلى الاعتقاد أنه يمكن أن تُمنح الطاقة أو تُبعث في كميات متغيرة وباستمرار دون حد أدنى لهذه الكمية. فعلى سبيل المثال، فكّر في عملية تسخين شريحة من الخبز داخل فرن الميكروويف، فقد يبدو لك أنك تستطيع إضافة أي كمية من الطاقة الحرارية إلى شريحة الخبز عن طريق التحكم في القوة والفترة الزمنية للفرن. والحقيقة أن درجة الحرارة تزداد بكميات صغيرة متواصلة عندما تمتص جزئياتها كمياً محدداً من الطاقة. ولأن عملية ازدياد درجة الحرارة تحدث تدريجياً ببطء لذا تبدو الزيادة في درجة الحرارة وكأنها مستمرة بدلاً من حدوثها على دفعات صغيرة.

### المفردات

#### المفردات الأكاديمية

الظاهرة حقيقة أو حدث قابل للملاحظة.

خلال العواصف المطرية، تمر عادة التيارات الكهربائية من الغيوم إلى الأرض أو بين الغيوم نفسها - وهذه ظاهرة تُدعى البرق.

### جواب سؤال ماذا قرأت :

درجة حرارة الجسم هي مقياس معدل الطاقة الحركية للجسيمات وكلما أصبح الجسم اسخن بعث ضوءاً بتردد أعلى ينتج عنه ألوان مختلفة.

### الشكل 6-1 يعتمد طول موجة الضوء

المنبعث من فلز ساخن، مثل الحديد الموجود عن اليمين، على درجة الحرارة. فالحديد رمادي في درجة حرارة الغرفة ويتحول أولاً إلى اللون الأحمر، ثم إلى البرتقالي الوهاج. **فسر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.**



### اجابة سؤال الشكل 6-1 :

عندما ترتفع درجة الحرارة تزداد الطاقة، ومن ثم يزداد التردد وهذا يعني نقصان طول الموجة، وعادة ما يكون لون المعدن البارد أحمر، ولون المعدن الساخن أزرق.



**الطبيعة الثنائية للضوء** افترض ألبرت أينشتاين في عام 1905م لتوضيح التأثير الكهروضوئي أن الضوء له طبيعة ثنائية؛ فلحزمة الضوء خواص موجية، وأخرى مادية. ويمكن القول إنه حزمة أشعة من الطاقة تُسمى الفوتونات. والفوتون جسيم لا كتلة له يحمل كما من الطاقة. واستكمالاً لفكرة بلانك عن طاقة الكم، وجد أينشتاين أن طاقة الفوتون تعتمد على تردده.

### طاقة الفوتون

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

$\nu$  التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

$$E_{\text{photon}} = h\nu$$

وكما اقترح أينشتاين أيضاً أن لكل فوتون حذاً معيناً من الطاقة يؤدي إلى إطلاق الفوتو إلكترون من سطح الفلز. وبناءً على ذلك، فإن الأعداد الصغيرة من الفوتونات التي لها طاقة أعلى من "الحد المعين"، الذي أشار إليه أينشتاين، سوف يتسبب في التأثير الكهروضوئي وإطلاق الفوتو إلكترون. هذا وقد فاز أينشتاين بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1921م لقيامه بهذا البحث.

### مثال 1-2

**احسب طاقة الفوتون** يحصل كل جسم على لونه عن طريق عكس جزء معين من الضوء الساقط عليه. ويعتمد اللون على طول موجة الفوتونات المنعكسة، ثم على طاقتها. ما طاقة فوتون الجزء البنفسجي لضوء الشمس إذا كان تردده  $7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ ؟

#### 1 تحليل المسألة

**المعطيات**

$$\nu = 7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

#### 2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

**المطلوب**  
 $E_{\text{photon}} = ? \text{ J}$

$$E_{\text{photon}} = h\nu$$

عوض  $\nu = 7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$  و  $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  في المعادلة

$$E_{\text{photon}} = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s})(7.230 \times 10^{14} \text{ s}^{-1})$$

$$E_{\text{photon}} = 4.791 \times 10^{-19} \text{ J}$$

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسّمها

#### 3 تقويم الإجابة

إن طاقة الفوتون الواحد من الضوء صغيرة للغاية كما هو متوقع. ووحدة الطاقة هي الجول، وهناك أربعة أرقام معنوية.

#### مسائل تدريجية

5. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية الآتية:

**a.**  $6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$     **b.**  $9.50 \times 10^{13} \text{ Hz}$     **c.**  $1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$

6. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي 0.125 m لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

7. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخن إلى درجة حرارة 1500 K تقريباً،

يشع لوناً أزرق ذا طول موجي  $4.50 \times 10^2 \text{ nm}$ . ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

5. احسب طاقة الفوتون الواحد في كل من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التالية:

a.  $6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{photon}} &= h\nu \\
 &= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (6.32 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}) \\
 E_{\text{photon}} &= 4.19 \times 10^{-13} \text{ J}
 \end{aligned}$$

b.  $9.50 \times 10^{13} \text{ Hz}$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{photon}} &= h\nu \\
 &= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (9.50 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}) \\
 E_{\text{photon}} &= 6.29 \times 10^{-20} \text{ J}
 \end{aligned}$$

c.  $1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{photon}} &= h\nu \\
 &= (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (1.05 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}) \\
 E_{\text{photon}} &= 6.96 \times 10^{-18} \text{ J}
 \end{aligned}$$

6. تُستخدم موجات الميكروويف التي طولها الموجي 0.125 m لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

$$\begin{aligned}
 E_{\text{photon}} &= h \frac{c}{\lambda} \\
 &= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{(1.25 \times 10^{-1} \text{ m})} \\
 &= 1.59 \times 10^{-24} \text{ J}
 \end{aligned}$$

7. تحفيز يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخن إلى درجة حرارة 1500 K تقريباً، يُشع لوناً أزرق ذا طول موجي  $4.50 \times 10^2 \text{ nm}$ . ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

$$\begin{aligned}
 E_{\text{photon}} &= h \frac{c}{\lambda} \\
 &= \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{(4.50 \times 10^{-9} \text{ m})} \\
 &= 4.42 \times 10^{-17} \text{ J}
 \end{aligned}$$

## طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

هل تساءلت كيف ينشأ الضوء في مصابيح النيون المتوهجة؟ هذه العملية ظاهرة أخرى لا يمكن تفسيرها بواسطة النموذج الموجي للضوء. ينتج ضوء النيون عند مرور الكهرباء في أنبوب مليء بغاز النيون، حيث تمتص ذرات النيون الطاقة، وتنتقل إلى حالة عدم الاستقرار (إثارة). وحتى تعود إلى حالة الاستقرار ينبغي أن تبعث الضوء لكي تطلق الطاقة التي امتصتها. وعند مرور ضوء النيون من خلال منشور زجاجي ينتج عن ذلك طيف الانبعاث الذري للنيون.

طيف الانبعاث الذري لعنصر ما هو مجموعة من ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المنطلقة من ذرات العنصر. ويتكون طيف الانبعاث الذري للنيون من عدة خطوط منفصلة من الألوان مرتبطة مع ترددات الإشعاع المنبعثة من ذرات النيون، وهو ليس مدى متصلاً من الألوان، كما هو الحال في الطيف المرئي للضوء الأبيض.

### ماذا قرأت؟ وضع كيف ينتج طيف الانبعاث؟

لكل عنصر طيف انبعاث ذري فريد ويميز يستخدم لتعرف العنصر أو تحديد ما

اجابة سؤال التحليل :

١- تنتج الألوان عن انتقال إلكترونات ذرات الفلز،

والألوان من خصائص الليثيوم و الصوديوم

والبوتاسيوم و الكالسيوم و الإسترانثيوم حسب

التجربة

٢- تتألف الألوان من الطيف المرئي لكل عنصر .

٣- تختلف الاجابات اعتماداً على العينة المجهولة

المستخدمة .

## تجربة

### تحديد ماهية المركبات

كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

### خطوات العمل

اجابة سؤال ماذا قرأت :

عندما تعود الذرات المثارة إلى الحالة المستقرة فإنها تشع الضوء المتوافق مع أماكن انتقال الإلكترونات المحددة بين المستويات، وتكون خطوط الطيف المنبعث من العنصر متوافقة مع هذه الأماكن.

العناصر في نهاية الكتاب.

5. كرر الخطوة 2 مستخدماً عينة من

محلول مجهول يزودك بها المعلم، ثم سجل لون اللهب الناتج.

6. تخلص من عيدان القطن المستعملة كما يرشدك المعلم.

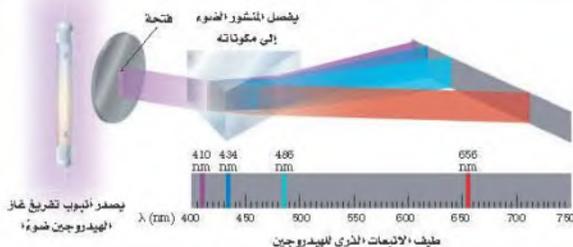
### التحليل

7. اقترح سبب إعطاء كل مركب لوناً مختلفاً للهب بنظر على الرغم من احتوائها جميعاً على الكلوريد.

8. وضع كيف يرتبط اختبار لون لهب

العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟

9. استنتج هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.

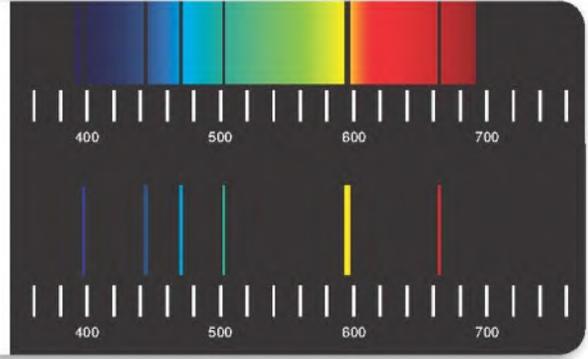


الشكل 8-1 يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال موجية مختلفة.

الخط الذي طول موجته  $410 \text{ nm}$  له أعلى طاقة .

حدد أي خط له أعلى طاقة؟

**الشكل 9-1** الطيف الأول: طيف امتصاص طيف  
يتألف من خطوط سوداء فوق طيف مستمر.  
وترتبط الخطوط السوداء مع ترددات معينة  
يمتصها عنصر محدد، هو الهيليوم في هذه  
الحالة. ويمكن مطابقتها بالخطوط الملونة في طيف  
انبعاث الهيليوم المين أسفل طيف الامتصاص.



هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقاً للمعادلة  $E_{\text{photon}} = h\nu$ ، لذا تنبعث الفوتونات الإلكترونية ذات الطاقات المحددة فقط. ولم يتنبأ أحد بهذه الحقائق من خلال قوانين الفيزياء الكلاسيكية، بل توقع العلماء ملاحظة انبعاث طيف مستمر من الألوان عندما تفقد الإلكترونات المثارة طاقتها. تمتص العناصر ترددات محددة من الضوء فيتكوّن طيف الامتصاص. وتظهر الترددات الممتصة في طيف الامتصاص كأنها خطوط سوداء، كما في الشكل 9-1. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

## التقويم 1-1 الخلاصة

8. الفكرة الرئيسية: قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
  9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
  10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
  11. قوم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
  12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
  13. احسب يتطلب تسخين 235 g ماء من درجة حرارة  $22.6^\circ\text{C}$  إلى  $94.4^\circ\text{C}$  في الميكروويف  $7.06 \times 10^4 \text{ J}$  من الطاقة، إذا كان تردد الميكروويف يساوي  $2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$  فما عدد الكمات اللازمة للحصول على  $7.06 \times 10^{14} \text{ J}$  من الطاقة.
  14. تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.
    1. أطول طول موجي
    2. أعلى تردد
    3. أعلى طاقة
- تحدد الموجات كلها بالطول الموجي، التردد، السعة، والسرعة.
  - تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بسرعة الضوء في الفراغ.
  - للموجات الكهرومغناطيسية كلها خواص موجية ومادية.
  - تبعث المادة الطاقة وتمتصها بكمات محددة.
  - ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملوّنة ومنفصلة.
- a. إشعاع جاما  
b. موجة تحت الحمراء  
c. موجات الراديو

بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.

اقترح أينشتاين أن الإشعاع الكهرومغناطيسي

—موجية، حيث تعتمد طاقة الكم أو الفوتون على تردد الإشعاع

ويُعبر عن طاقة الفوتون بالمعادلة التالية  $E = hf$ ، حيث  $f$  تردد الإشعاع

والفوتونات التي لها طاقة أكبر من طاقة الإفلات تسببًا انبعاثًا

الفوتو إلكترون.

13. احسب يتطلب تسخين 235g ماء من درجة حرارة  $22.6^\circ\text{C}$  إلى

$94.4^\circ\text{C}$  في الميكروويف  $7.06 \times 10^4 \text{ J}$  من الطاقة، إذا كان تردد

الميكروويف يساوي  $2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ ، فما عدد الكمات اللازمة

للحصول على  $7.06 \times 10^{14} \text{ J}$  من الطاقة؟

$$n = \frac{E}{E_{\text{photon}}}$$

$$n = \frac{E}{hf} = \frac{(7.06 \times 10^{14} \text{ J})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) / (2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1})} = 3.70 \times 10^{37}$$

14. تفسير الرسوم العلمية استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن

الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين التاليتين:

(يمكن استخدام المفاهيم المرقمة أكثر من مرة)

1. أطول طول موجة

2. أعلى تردد

3. أعلى طاقة

a. أشعة جاما

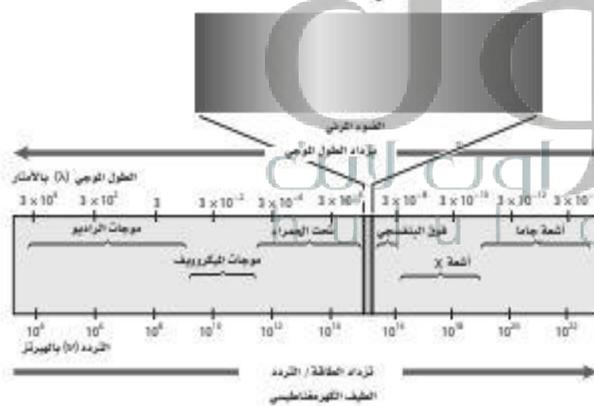
b. موجة تحت الحمراء

c. موجات الراديو

الشكل 5-1 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات،

ويشكل جزء الطيف المرئي منه حيزًا ضيقًا جدًا. وكلما زادت الطاقة

والتردد قل الطول الموجي.



c. 1

a. 2

a. 3

8. قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.

يسلك الضوء سلوك الموجات عند انتقاله في الفضاء، في حين

يسلك سلوك الجسيمات عند تفاعله مع المادة.

9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسر النموذج المادي للضوء فقط.

ينبغي استخدام نموذج الجسيمات في تفسير التأثير الكهروضوئي

ولون الأجسام الساخنة وطيف الانبعاث الذري.

10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.

يُظهر الطيف المستمر (المتصل) ألوان الأطوال الموجية جميعها،

أما طيف الانبعاث فيُظهر الأطوال الموجية لعنصر محدد.

11. قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها

المادة أو تفقدها.

الكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تفقدها أو تكتسبها

الذرة؛ لذا تفقد المادة أو تكتسب طاقة بمضاعفات الكم فقط.

12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند

## نظرية الكم والذرة

### Quantum Theory and the Atom

**الفكرة الرئيسية** تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث النري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

**الربط مع الحياة** تصور أنك ترتقي سلمًا، هل تستطيع الوقوف بين درجاته بكلتا رجلتيك؟ إنك لا تستطيع فعل ذلك؛ لأنك لا تقدر على الوقوف في الهواء. وهذا يشبه ما تقوم به الإلكترونات في مستويات الطاقة في الذرات.

### نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

فسّر نموذج الطبيعة الموجية - الجسيمية للضوء العديد من الظواهر المتخصصة، ولكن بقي الغناء غير قادرين على فهم العلاقات بين البناء الذري، والإلكترونات، وطيف الانبعاث الذري. تذكر مما سبق أن طيف الانبعاث الذري للهيدروجين منفصل؛ أي يتكون من ترددات محددة من الضوء. لماذا يكون طيف الانبعاث الذري للعناصر منفصلاً وليس متصلًا؟

**طاقة ذرة الهيدروجين** استفاد العالم نيلز بور من أفكار العالمين بلانك وأينشتاين، واقترح أن لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة يسمح للإلكترونات أن توجد فيها. وتسمى الحالة التي تكون إلكترونات الذرة فيها أدنى طاقة **حالة الاستقرار** أما عندما تكتسب إلكترونات الذرة الطاقة فتصبح في **حالة إثارة**.

كما ربط بور أيضًا بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين والإلكترون داخلها. واقترح أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يتحرك حول النواة في مدارات دائرية مسموح بها فقط. وكلما صغر مدار الإلكترون قلت طاقته أو قلّ مستوى الطاقة. وعلى العكس من ذلك، كلما كبر مدار الإلكترون زادت طاقة الذرة أو زاد مستوى الطاقة. وبناءً على ذلك، فإن لذرة الهيدروجين حالات إثارة كثيرة، رغم أنها تحتوي على إلكترون واحد. والشكل 10-1 يوضح أفكار العالم بور.

تقارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

توضح تأثير كل من الطبيعة الموجية - الجسيمية للذرة بروتوني ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرية الحالية للإلكترونات في الذرة.

تعرف العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسية والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية لذرة الهيدروجين.

### مراجعة المفردات

**الذرة:** أصغر جزء من العنصر يحتفظ بجميع خواصه، وتتكون من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

### المفردات الجديدة

حالة الاستقرار

حالة الإثارة

العدد الكمي

مبدأ الشك لهايزنبرج

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

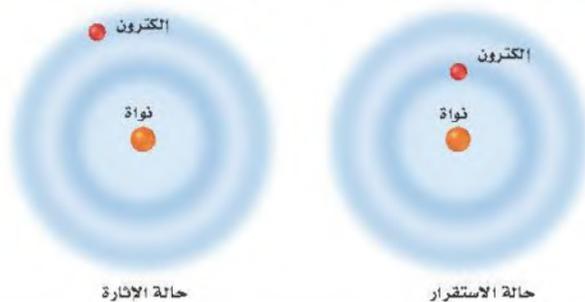
المستوى

العدد الكمي الرئيس

مستوى الطاقة الرئيس

مستوى الطاقة الثانوي

**الشكل 10-1** يوضح ذرة تحتوي على إلكترون واحد، يوجد في حالته المستقرة في المستوى الأقل طاقة، وعندما تكون الذرة في حالة إثارة يكون الإلكترون في مستوى طاقة أعلى.



وصف بور لذرة الهيدروجين

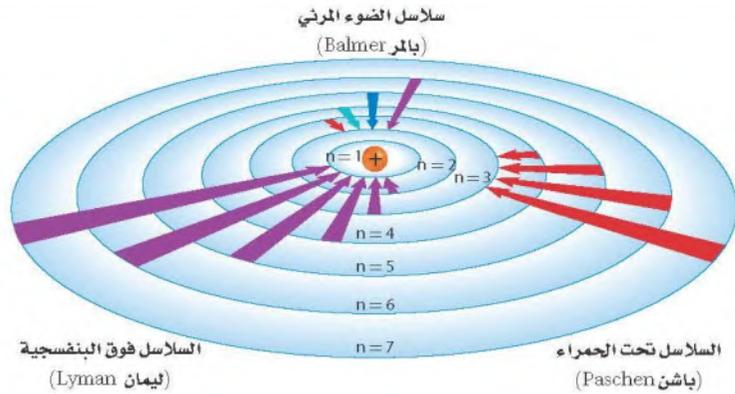
الجدول 1-1

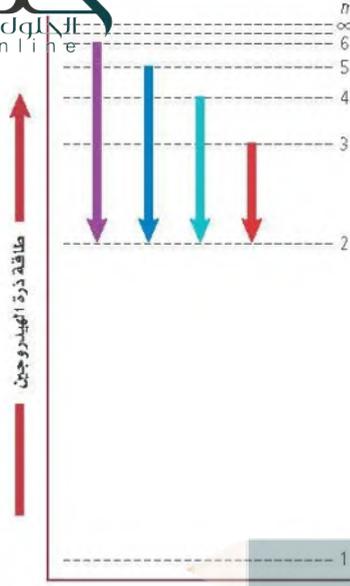
مدار بور النزي	العدد الكمي	نصف القطر المداري (nm)	عدد المستويات الثانوية	الطاقة النسبية
الأول	$n=1$	0.0529	1	$E_1$
الثاني	$n=2$	0.212	2	$E_2 = 4E_1$
الثالث	$n=3$	0.476	3	$E_3 = 9E_1$
الرابع	$n=4$	0.846	4	$E_4 = 16E_1$
الخامس	$n=5$	1.32	5	$E_5 = 25E_1$
السادس	$n=6$	1.90	6	$E_6 = 36E_1$
السابع	$n=7$	2.59	7	$E_7 = 49E_1$

خصص بور لكل مدار عددًا صحيحًا ( $n$ )، أطلق عليه اسم العدد الكمي من أجل استكمال حساباته. كما قام بحساب أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول  $n=1$  مساويًا  $0.0529 \text{ nm}$ ، ونصف قطر المدار الثاني  $n=2$  مساويًا  $0.212 \text{ nm}$ ، ويلخص الجدول 1-1 معلومات إضافية وصف بها العالم بور المدارات المسموح بها ومستويات الطاقة.

**طيف الهيدروجين الخطي** اقترح بور أن ذرة الهيدروجين تكون في الحالة المستقرة - وتسمى أيضًا مستوى الطاقة الأول - عندما يكون الإلكترون الوحيد في مستوى الطاقة  $n=1$ . ولا تشع الذرة الطاقة عند هذه الحالة. وعندما تضاف طاقة من مصدر خارجي إلى الذرة ينتقل الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى مثل مستوى الطاقة  $n=2$  الموضح في الشكل 1-11. ومثل هذا الانتقال للإلكترون يجعل الذرة في حالة الإثارة. وعندما تكون الذرة في حالة الإثارة (وضع غير مستقر للذرة) يمكن أن ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل. ونتيجة لهذا الانتقال، ترسل الذرة فوتونًا له طاقة تساوي الفرق بين طاقة المستويين. فرق الطاقة = طاقة المستوى الأعلى - طاقة المستوى الأدنى = طاقة الفوتون  $h\nu$

**الشكل 1-11** عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل ينطلق فوتون، وتنتج السلاسل فوق البنفسجية (ليمان)، والمرئية (بالمر)، وتحت الحمراء (باشن) عند انتقال الإلكترونات إلى مستويات  $n=1$  و  $n=2$  و  $n=3$  على الترتيب.





الشكل 12-1 مستويات الطاقة مشابهة لدرجات السلم، وتمثل الخطوط المرئية الأربعة عودة الإلكترون من المستويات (n) الأعلى إلى المستوى  $n=2$ ، وكلما زادت قيمة n، اقتربت مستويات طاقة الذرة أكثر بعضها من بعض.

يمكنك مقارنة مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين بدرجات السلم. حيث يمكن للشخص أن يصعد أو يهبط من درجة إلى أخرى. وكذلك حال إلكترون ذرة الهيدروجين؛ حيث يمكنه الانتقال فقط من مستوى مسموح به إلى آخر. ولذا يمكن أن تنبعث أو تمتص كميات معينة من الطاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

يوضح الشكل 12-1 أن مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين لا يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية، وذلك بخلاف درجات السلم. كما يوضح هذا الشكل أيضاً تنقلات الإلكترون الأربعة التي تنتج الخطوط المرئية في طيف الانبعاث الذري لذرة الهيدروجين، ويُنتج انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى الثاني  $n=2$  خطوط الهيدروجين المرئية كلها، والتي تشكل سلسلة بالمر. وكما قيست طاقة انتقال الإلكترون في المنطقة غير المرئية، مثل سلسلة ليمان (فوق البنفسجية) التي ينتقل فيها الإلكترون إلى المستوى  $n=1$ ، وكذلك سلسلة باشن (تحت الحمراء)، التي تنتج عن انتقال الإلكترون إلى المستوى  $n=3$ .

جواب ماذا قرأت :

عندما تعود الإلكترونات إلى حالتها المستقرة من حالة الإثارة تبعث الذرة فوتونا يتناسب مع فرق الطاقة بين مستويي الطاقة اللذين انتقل بينهما، ويرتبط كل تردد مع لون معين.

✓ **ماذا قرأت؟ وضح** لماذا ينتج عن سلوك الإلكترون في الذرة ألوان مختلفة للضوء؟

**حدود نموذج بور** فسر نموذج بور الطيف المرئي للهيدروجين، إلا أنه لم يستطع تفسير طيف أي عنصر آخر، كما أنه لم يفسر السلوك الكيميائي للذرات. وعلى الرغم من أن فكرة بور عن ذرة الهيدروجين وضعت الأساس للنماذج الذرية اللاحقة، إلا أن التجارب اللاحقة أوضحت خطأ نموذج بور بشكل أساسي؛ إذ لم تفهم حركة الإلكترونات في الذرات بصورة تامة حتى الآن، وهناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائرية.

## النموذج الميكانيكي الكمي للذرة

### The Quantum Mechanical Model of the Atom

اقتنع العلماء في منتصف القرن العشرين أن نموذج بور للذرة غير صحيح، فوضعوا تصورات جديدة ومبتكرة تبين كيف تتوزع الإلكترونات في الذرات. ففي عام 1924م اقترح أحد طلاب الدراسات العليا في الفيزياء - اسمه لوي دي بروي De Broglie (1892-1987م) - فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

**الإلكترونات موجات** اعتقد دي بروي أن للجسيمات المتحركة خواص الموجات. وقد عرف دي بروي أنه إذا كان للإلكترون حركة الموجة وكان مقيداً بمدارات دائرية أنصاف أقطارها ثابتة، فإنه يستطيع إشعاع موجات ذات أطوال موجية وترددات وطاقات معينة فقط. وبتطوير فكرته اشتق دي بروي المعادلة الآتية:

#### العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

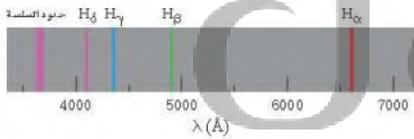
$\lambda$  تمثل طول الموجة  $m$  تمثل كتلة الجسيمات  $\lambda = h/m.v$

$h$  ثابت بلانك  $v$  تمثل السرعة

طول موجة الجسيم هي النسبة بين ثابت بلانك، وناتج ضرب كتلة الجسيم في سرعته.

## مختبر حل المشكلات

### تفسير الرسوم العلمية



#### التفكير الناقد

1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

- a.  $n_i = 3; n_f = 2$       c.  $n_i = 5; n_f = 2$   
b.  $n_i = 4; n_f = 2$       d.  $n_i = 6; n_f = 2$

2. اربط بين الطول الموجي في سلسلة بالمر، والتي حسبها في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبياً. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضح إجابتك. واحد إنجستروم ( $10^{-10} m$ ).

3. طبق معادلة  $E = hc/\lambda$  لتحديد طاقة الكم لكل انتقال في السؤال 1.

ما تنقلات الإلكترون التي تفسر سلسلة بالمر؟ يتكون طيف انبعاث الهيدروجين من ثلاث سلاسل من الخطوط. فبعض الأطوال الموجية فوق بنفسجية (سلسلة ليمان)، وبعضها الآخر تحت حمراء (سلسلة باشن)، وتشكل الأطوال الموجية المرئية سلسلة بالمر. يعزو نموذج بور الذري هذه الخطوط الطيفية إلى انتقال إلكترون من مستويات الطاقة العليا التي تكون فيها  $n = n_i$  إلى مستويات الطاقة المنخفضة التي يكون فيها  $n = n_f$ .

#### التحليل

توضح الصورة على الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسلة بالمر للهيدروجين. وتسمى هذه الخطوط  $H_\delta$  (4101 Å),  $H_\gamma$  (4340 Å),  $H_\beta$  (4861 Å),  $H_\alpha$  (6562 Å) وكل طول موجة ( $\lambda$ ) مرتبط مع انتقال إلكترون ضمن ذرة الهيدروجين من خلال المعادلة الآتية التي يمثل فيها القيمة:

$$1/\lambda = 1.09678 \times 10^7 \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) m^{-1}$$

وتحدث في سلسلة بالمر انتقالات الإلكترون من المستويات العليا إلى المستوى  $n=2$ ، وهذا يعني أن  $n_f = 2$ .

1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

a.  $2 = n_f, 3 = n_i$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.152331 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 6.565 \times 10^{-7} \text{ m}$$

b.  $2 = n_f, 4 = n_i$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.205646 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 4.863 \times 10^{-7} \text{ m}$$

c.  $2 = n_f, 5 = n_i$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.230324 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 4.342 \times 10^{-7} \text{ m}$$

d.  $2 = n_f, 6 = n_i$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^7 \text{ m}^{-1}) \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.243729 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$\lambda = 4.103 \times 10^{-7} \text{ m}$$

2.

اربط بين الطول الموجي في سلسلة باليه في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبياً. هل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ في الحسبان خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضح إجابتك. 1 إنجست  $10^{-10} \text{ m}$

انظر الجدول أدناه.

3. طبق معادلة  $E = hc/\lambda$  لتحديد طاقة الكم لكل انتقال في السؤال 1.

a.

$$\lambda_a = 6562 \text{ \AA} \times (1 \text{ m} / 10^{10} \text{ \AA}) = 6.562 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(6.562 \times 10^{-7} \text{ m})} = 3.027 \times 10^{-19} \text{ J}$$

b.

$$\lambda_b = 4861 \text{ \AA} \times (1 \text{ m} / 10^{10} \text{ \AA}) = 4.861 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(4.861 \times 10^{-7} \text{ m})} = 4.087 \times 10^{-19} \text{ J}$$

c.

$$\lambda_c = 4340 \text{ \AA} \times (1 \text{ m} / 10^{10} \text{ \AA}) = 4.340 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(4.340 \times 10^{-7} \text{ m})} = 4.577 \times 10^{-19} \text{ J}$$

d.

$$\lambda_d = 4101 \text{ \AA} \times (1 \text{ m} / 10^{10} \text{ \AA}) = 4.101 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})}{(4.101 \times 10^{-7} \text{ m})} = 4.844 \times 10^{-19} \text{ J}$$

انتقالات مجموعات باليه نموذج بور

التعليق	نسبة الخطأ %	القيمة المحسوبة للطول الموجي	القيمة التجريبية للطول الموجي	رقم المدار النهائي
قيم الطول الموجي المحسوب تطابق	- 0.0404 %	$6.565 \times 10^{-7} \text{ m} = 6565 \text{ \AA}$	$6.562 \times 10^{-7} \text{ m} = 6562 \text{ \AA}$	3
قيم الطول الموجي التجريبي	- 0.0356 %	$4.863 \times 10^{-7} \text{ m} = 4863 \text{ \AA}$	$4.861 \times 10^{-7} \text{ m} = 4861 \text{ \AA}$	4
	- 0.0394 %	$4.342 \times 10^{-7} \text{ m} = 4342 \text{ \AA}$	$4.340 \times 10^{-7} \text{ m} = 4340 \text{ \AA}$	5
	- 0.0468 %	$4.103 \times 10^{-7} \text{ m} = 4103 \text{ \AA}$	$4.101 \times 10^{-7} \text{ m} = 4101 \text{ \AA}$	6

## مبدأ هايزنبرج للشك - كشف العلماء - ومنهم رذرفورد Rutherford

- خفايا الذرة بالتدرج. إلا أن الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الفيزياء النظرية هايزنبرج Heisenberg (1901-1976م) كان له آثاره الكبيرة في النماذج الذرية.

أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. فعلى سبيل المثال، تصور محاولة إيجاد موقع بالون متنقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضاً أن تحدد مكان البالون بإضاءة مصباح يدوي. وباستخدام هذه الطريقة تنعكس فوتونات الضوء من البالون وتصل إلى عينيك محددة مكان البالون.

ولأن البالون جسم كبير نسبياً، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكس عنه على موقعه صغيراً جداً وغير ملاحظ. ولكن تصور محاولة تحديد مكان الإلكترون باصطدامه مع فوتون عالي الطاقة. ولأن للفوتون طاقة مماثلة لطاقة الإلكترون نفسه، لذا فإن التصادم بين الجسمين يغير كلياً من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتجهة، كما في الشكل 1-13، أي أنه يحدث تغير لا يمكن تجاهله في مكان الإلكترون وحركته.

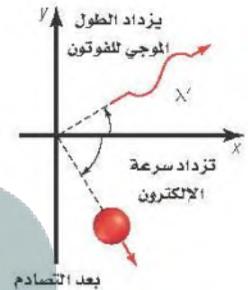
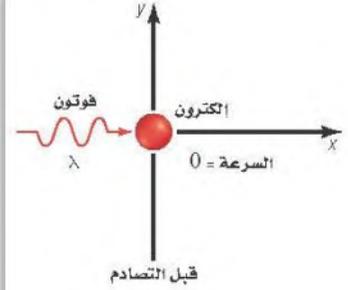
لقد أدى تحليل هايزنبرج لمثل تلك التصادمات بين الفوتونات والإلكترونات إلى استنتاجه التاريخي، وهو "مبدأ هايزنبرج للشك" الذي ينص على أنه من المستحيل

معرفة سرعة جسم ومكانه في الوقت نفسه بدقة.

ينص مبدأ هايزنبرج على أنه لا يمكن معرفة سرعة الجسم ومكانه في الوقت نفسه على نحو دقيق.

وعلى الرغم من أن العلماء قد وجدوا مبدأ هايزنبرج إلا أنه أثبت أنه يصف المحددات الأساسية لما يمكن بالجسم الكبير - مثل البالون المليء بالهيليوم - قليل، من أن يقاس. ولكن هذه الحالة لا تشبه إلكترونات النواة. فعدم التحديد أو الشك في مكان الإلكترونات هو أكبر 10 مرات تقريباً من قطر الذرة.

ويعني مبدأ هايزنبرج للشك أيضاً أنه من المستحيل تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات مثل المدارات الدائرية في نموذج بور، وأن الكمية الوحيدة التي يمكن معرفتها هي المكان الذي يحتمل أن يوجد فيه إلكترون حول النواة.



الشكل 1-13 عندما يصطدم فوتون

مع إلكترون ساكن تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا يوضح مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسم وسرعته في الوقت نفسه.

فسر لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

اجابة سؤال الشكل 1-13 : نقلت بعض الطاقة الى الالكترون

**معادلة شرودنجر الموجية** في عام 1926م تابع الفيزيائي النمساوي إيريون شرودنجر Schrodinger (1887 - 1961م) نظرية الموجة - الجسيم التي اقترحها دي برولي، واشتق شرودنجر معادلة على اعتبار أن إلكترون ذرة الهيدروجين موجة. وظهر أن نموذج شرودنجر لذرة الهيدروجين ينطبق جيداً على ذرات العناصر الأخرى، وهو ما فشل نموذج بور في تحقيقه. ويسمى النموذج الذري الذي يعامل الإلكترونات على أنها موجات بالنموذج الموجي الميكانيكي للذرة أو النموذج الميكانيكي الكمي للذرة. وكما هو الحال في نموذج بور، يحدد النموذج الميكانيكي الكمي طاقة الإلكترون بقيم معينة، إلا أنه - بخلاف نموذج بور - لا يحاول وصف مسار الإلكترون حول النواة.

✓ **ماذا قرأت؟** قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

أعتبر كل حل لمعادلة شرودنجر يمثل دالة موجية، ترتبط مع احتمال وجود الإلكترون ضمن حجم معين من الفراغ حول النواة. تذكر من خلال دراستك للرياضيات أن حادثة ما ذات احتمال عال تكون أكثر قابلية للحدوث من الحادثة ذات الاحتمال المنخفض.

**موقع الإلكترون المحتمل** تنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة تُسمى **المستوى**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون. يشبه المستوى الفرعي سحابة تتناسب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح الشكل 1-14a خريطة الكثافة الإلكترونية (السحابة الإلكترونية) التي تصف الإلكترون في مستوى الطاقة الأدنى، كما أنها تُعد صورة لحظية لحركة الإلكترون حول النواة، حيث تمثل كل نقطة فيها موقع الإلكترون عند لحظة معينة من الوقت. وتمثل الكثافة العالية للنقاط قرب النواة احتمالاً كبيراً لوجود الإلكترون في هذا الموقع. إلا أنه - بسبب عدم وجود حدود ثابتة للسحابة - من الممكن أيضاً أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

جواب ماذا قرأت :

توجد الإلكترونات حول النواة في مواقع توصف فقط بخريطة احتمالات، ويتم اختيار حدود لاحتواء المنطقة التي يتوقع أن يوجد ضمنها الإلكترون ٩٠% من الوقت..

✓ **ماذا قرأت؟** صف أين توجد الإلكترونات في ذرة ما؟

احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جداً.

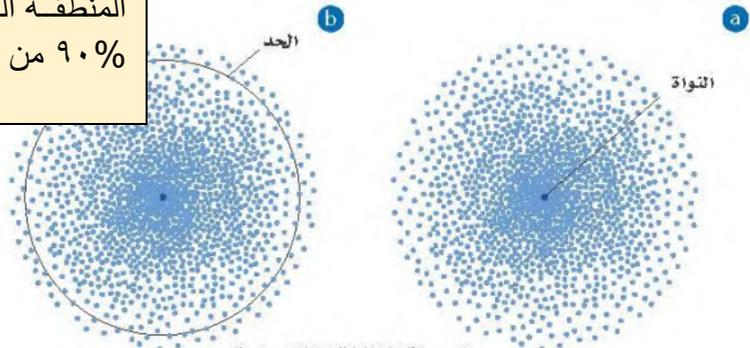
b. يحتمل وجود إلكترون بنسبة 90% ضمن

المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة.

وأحياناً يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود

الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسطفاً

ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.



خريطة الكثافة الإلكترونية  
(السحابة الإلكترونية)

## مستويات ذرة الهيدروجين

لأن حدود المستوى غير واضحة فليس للمستوى حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المؤكد في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحاً للمستوى يحتوي على 90% من الاحتمال الكلي لوجود الإلكترون. وهذا يعني أن احتمال وجود الإلكترون ضمن هذه الحدود هو 0.9، واحتمال وجوده خارجها هو 0.1. وبعبارة أخرى، فإن احتمال وجود الإلكترون قريباً من النواة وضمن الحجم المعرف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في الشكل 1-14b تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

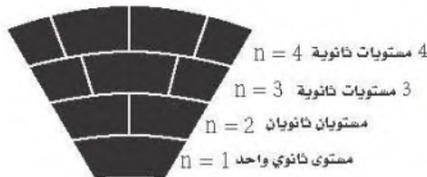
**عدد الكم الرئيسي** تذكر أن نموذج بور قد عيّن أعداد الكم لمدارات الإلكترون. وعيّن النموذج الكمي بصورة مشابهة أربعة أعداد كم للمستويات الذرية. يعد العدد الأول هو **عدد الكم الرئيسي** ( $n$ )، الذي يشير إلى الحجم النسبي وطاقة المستويات؛ إذ كلما ازدادت قيمة  $n$  زاد حجم المستوى، لذا يقضي الإلكترون وقتاً أكبر بعيداً عن النواة، وتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد  $n$  مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل منها **مستوى الطاقة الرئيسي**. وقد أعطي مستوى الطاقة الأدنى للذرة عدد كم رئيسي يساوي (1). وعندما يحتل إلكترون ذرة الهيدروجين الوحيد المستوى  $n=1$  تكون الذرة في الحالة المستقرة. وقد تم تحديد 7 مستويات طاقة لذرة الهيدروجين، أعطيت أعداداً ( $n$ ) تتراوح بين 1 و 7.

**مستويات الطاقة الثانوية** تحتوي مستويات الطاقة الرئيسة على مستويات ثانوية. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى ثانوي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستويين ثانويين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات ثانوية، ومستوى الطاقة الرئيس 4 من أربعة مستويات ثانوية، أما مستويات الطاقة الرئيسة (5-7) من أربعة مستويات ثانوية كالمستوى الرئيس الرابع. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية بطريقة أفضل، انظر إلى الشكل 1-15. فكلما ارتفعت إلى أعلى تحتوي الصفوف على مقاعد أكثر. وكذلك يتزايد عدد المستويات الثانوية للطاقة في مستوى الطاقة الرئيس عندما تزداد قيمة  $n$ .

الجدول 1-2	مستويات الطاقة الرئيسية
مستوى الطاقة الرئيس	عدد الكم
K	1
L	2
M	3
N	4
O	5
P	6
Q	7

الجدول 1-3	مستويات الطاقة الثانوية
عدد الإلكترونات التي يستوعبها	المستوى الثانوي
2	s
6	p
10	d
14	f

**الشكل 1-15** يمكن التفكير في مستويات الطاقة وكأنها صفوف المقاعد في هذا المسرح الأثري؛ إذ تحتوي الصفوف العليا على مقاعد أكثر. وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة الأبعد عن النواة على مستويات ثانوية أكثر للطاقة.



جواب ماذا قرأت؟  
يزداد عدد المستويات الفرعية للطاقة في المستوى الرئيس للطاقة كلما ازدادت قيمة  $n$

جواب ماذا قرأت :  
مستويات s كروية , أما مستويات p الثلاثة فلها أشكال فضية موجهة نحو المحاور x,y,z.

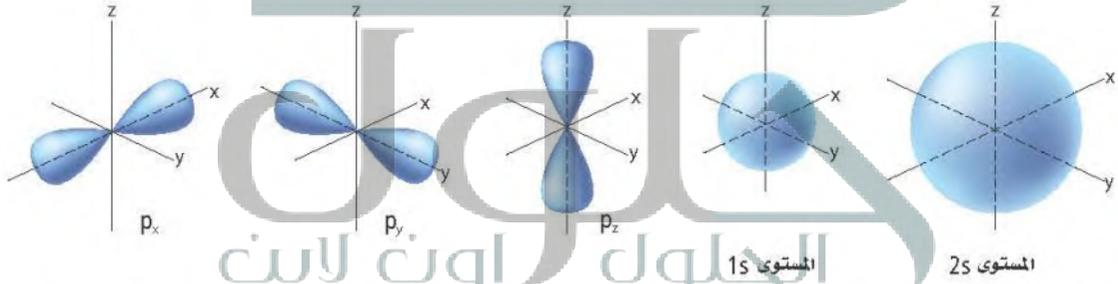
ماذا قرأت؟ وضع العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

أشكال المستويات الفرعية تسمى المستويات الثانوية s, p, d, f حسب أشكال المستويات الفرعية. فمستويات s جميعها كروية الشكل، والمستويات p جميعها تتكون من فصين، أما مستويات d و f فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كروياً مطابقاً لشكل المستوى الفرعي 1s الذي يوجد فيه. ويطلق على المستويين الثانويين في مستوى الطاقة الرئيس الثاني، 2s، 2p، والمستوي الثانوي 2s يحوي المستوى الفرعي 2s ذا الشكل الكروي مثل شكل المستوى الفرعي 1s ولكنه أكبر حجماً، كما في الشكل 1-16a.

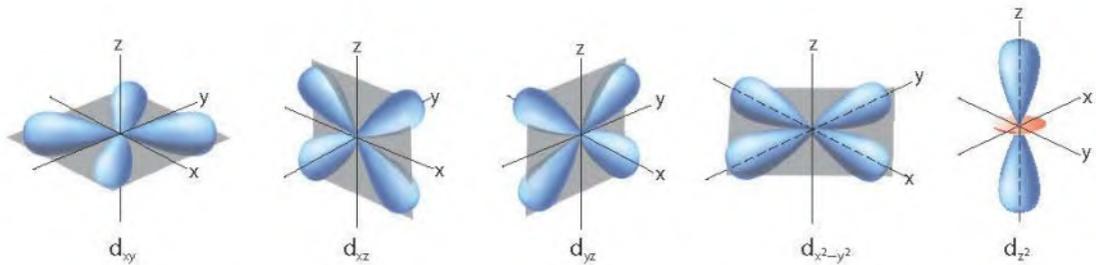
ويُمثل المستوى الثانوي 2p بثلاثة مستويات فرعية يتكون كل منها من فصين، تُسمى:  $2p_x$ ،  $2p_y$ ،  $2p_z$ . وتعبّر الأحرف x و y و z عن اتجاهات المستويات الفرعية p على المحاور x، y، z، كما في الشكل 1-16b.

ماذا قرأت؟ صف أشكال المستويين s و p.

الشكل 1-16 يحتوي كل مستوى ثانوي على مستويات فرعية بأشكال مختلفة.



a. المستويات الفرعية s جميعها كروية وتزداد أحجامها مع ازدياد العدد الكمي الرئيس. b. مستويات p الفرعية الثلاثة لها أشكال فضية موجهة نحو المحاور الثلاثة x,y,z.



c. أربعة من مستويات d الفرعية لها الشكل نفسه، ولكنها تقع على مستويات في اتجاهات مختلفة، أما المستوى الفرعي  $d_{z^2}$  فله شكله المميز.

مستويات الطاقة الأربعة الأولى للهيدروجين

الجدول 1-4

عدد الكم الرئيس (n)	أنواع المستويات الثانوية الموجودة	عدد المستويات الفرعية في المستويات الثانوية	مجموع المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس (n <sup>2</sup> )
1	s	1	1
2	s p	1 3	4
3	s p d	1 3 5	9
4	s p d f	1 3 5 7	16

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات ثانوية هي: 3d, 3p, 3s، حيث يحتوي كل مستوى ثانوي d خمسة مستويات فرعية ذات طاقة متساوية، أربعة من مستويات d الفرعية لها أشكال متشابهة ولكن اتجاهاتها مختلفة حول المستويات X, Y, Z، إلا أن المستوى الفرعي الخامس d<sub>z<sup>2</sup></sub> له شكل واتجاه يختلفان عن المستويات الفرعية الأربعة السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في الشكل 1-16c. يحتوي مستوى الطاقة الرابع (n=4) على مستوى ثانوي رابع يُسمى المستوى الثانوي 4f، وهو يحتوي 7 مستويات فرعية ذات طاقة متساوية. وللمستويات الفرعية للمستوى الثانوي f أشكال معقدة متعددة القصور.

يلخص الجدول 1-4 مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائماً عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n<sup>2</sup>.

ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت مستويًا فرعيًا واحدًا فقط. وتستطيع أن تعدّ المستويات الفرعية الأخرى مساحات شاغرة، أي متوافرة، يمكن أن يشغلها الإلكترون إذا ارتفعت طاقة الذرة أو انخفضت. فعلى سبيل المثال، عندما تكون ذرة الهيدروجين في الحالة المستقرة يحتل الإلكترون المستوى الفرعي 1s، فإذا اكتسبت الذرة كمية من الطاقة انتقل الإلكترون إلى أحد المستويات الفرعية الشاغرة. ويمكن للإلكترون اعتمادًا على كمية الطاقة المكتسبة أن ينتقل إلى المستوى الفرعي 2s، أو إلى أحد المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي 2p، أو إلى أي مستوى فرعي شاغر آخر.

## التقويم 1-2

### الخلاصة

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال إلكترون من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي بروي طول موجة الجسيم مع كتلته وترددها وثابت بلانك.
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص الموجات.
- تشغل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد في الفراغ تُسمى المستويات الفرعية.

15. **الفكرة الرئيسية** فسر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء، حسب نموذج بور الذري؟
16. عدّد المستويات الثانوية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
17. حدّد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي s، وفي كل مستوى ثانوي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
18. فسر لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة. مستخدماً مبدأ هايزنبرج للشك والطبيعة الموجية - الجسيمية؟ وكيف يُعرف موقع الإلكترونات في الذرات؟
19. احسب مستعيناً بالمعلومات في الجدول 1-1، كم مرة يساوي نصف قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول، حسب نظرية بور؟
20. قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

نفسه. فعملية الرؤية تعني التفاعل مع الفوتون مما يؤدي إلى عدم معرفة المكان وحالة الحركة؛ لذا يُعرّف مكان الإلكترون بالتوزيع المحتمل.

19. احسب مستعينا بالمعلومات في الجدول 1-1، كم مرة

يساوي نصف قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول بحسب نظرية بور؟

$$n=7; \text{ نصف القطر} = 2.59 \text{ nm}$$

$$n=1; \text{ نصف القطر} = 0.0529 \text{ nm}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{2.59 \text{ nm}}{0.0529 \text{ nm}} \text{ 49 مرة أكبر}$$

20. قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

نموذج بور، يُعد الإلكترون جسيماً؛ ولذرة الهيدروجين حالات طاقة معينة مسموح بها. ولكنه لم يفسر السلوك الكيميائي للذرات.

النموذج الميكانيكي الكمي، للإلكترون خواص موجية - جسيمية، وطاقة الإلكترون وتردده وطوله الموجي، كل ذلك محدد

بقيم معينة، كما أنه لم يفترض أي افتراضات بخصوص مسار الإلكترون حول النواة.

15. فسّر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء بحسب نموذج بور الذري؟

لأن طاقة الذرات محددة؛ لذا تتبع ترددات معينة فقط من الإشعاع الصادر عن الذرة.

16. عدد المستويات الثانوية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.

$$1s, 2s 2p, 3s 3p 3d, 4s 4p 4d 4f$$

مستوى الطاقة الأول s، مستوى الطاقة الثاني s و p، مستوى الطاقة الثالث s و p و d، مستوى الطاقة الرابع s و p و d و f.

كل مستوى من s يتعلق بمستوى كروي s. كل مستوى فرعي من p يتعلق بثلاثة مستويات في صورة عوارف الأنقال  $(P_x, P_y, P_z)$ .

17. حدّد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي s، وفي كل مستوى ثانوي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.

كل مستوى من s يحتوي على مستوى كروي (s). وكل مستوى ثانوي من p يحتوي على ثلاثة مستويات فرعية  $(P_x, P_y, P_z)$ .

18. فسّر، لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة؟ اعتماداً على مبدأ هايزنبرج للشك والطبيعة الموجية الجسيمية؟ وكيف يُعرّف موقع الإلكترونات في الذرات؟ للإلكترون خواص الموجة - الجسيم، وليس له موقع محدد في الفضاء. وينص مبدأ هايزنبرج للشك على أنه من المستحيل أن نعرف بدقة كلاً من السرعة وموقع الجسيم في الوقت

وصف بور لذرة الهيدروجين				الجدول 1-1
الطاقة النسبية	عدد المستويات الثانوية	نصف القطر المداري (nm)	العدد الكمي	مدار بور الذري
$E_1$	1	0.0529	$n=1$	الأول
$E_2 = 4E_1$	2	0.212	$n=2$	الثاني
$E_3 = 9E_1$	3	0.476	$n=3$	الثالث
$E_4 = 16E_1$	4	0.846	$n=4$	الرابع
$E_5 = 25E_1$	5	1.32	$n=5$	الخامس
$E_6 = 36E_1$	6	1.90	$n=6$	السادس
$E_7 = 49E_1$	7	2.59	$n=7$	السابع

## التوزيع الإلكتروني

### Electron Configuration

**الفكرة الرئيسية** يُحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

**الربط مع الحياة** عندما يصعد الطلاب إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغّل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ مستويات الطاقة بالطريقة نفسها.

### التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة

#### Ground –State Electron Configuration

يبدو لنا ترتيب إلكترونات ذرات العناصر الثقيلة أمرًا صعبًا، وخصوصًا أن هذه الذرات قد تحتوي على أكثر من 100 إلكترون. فإذا علمنا أن مستويات هذه الذرات تشبه مستويات ذرة الهيدروجين فإن ذلك يسمح لنا بترتيب إلكترونات هذه الذرات باستخدام قواعد قليلة محددة.

يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة **التوزيع الإلكتروني**. ولأن الأنظمة ذات الطاقة المنخفضة أكثر استقرارًا من الأنظمة ذات الطاقة العالية فإن الإلكترونات تميل إلى اتخاذ ترتيب يُعطي الذرة أقل طاقة ممكنة. ويسمى ترتيب الإلكترونات في الوضع الأقل طاقة والأكثر ثباتًا **التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعنصر**. وتحكم المبادئ أو القواعد - ومنها مبدأ أوفباو ومبدأ باولي وقاعدة هوند - كيفية ترتيب الإلكترونات في مستويات الذرة.

**مبدأ أوفباو** ينص مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) على أن كل إلكترون يشغل المستوى الأقل طاقة. لذا فإن تحديد التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة يتطلب معرفة ترتيب المستويات الفرعية وفق تزايد طاقتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في الشكل 1-17، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوى فرعيًا.

تطبيق مبدأ باولي ومبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.

توضيح المقصود بالإلكترونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي للإلكترونات التكافؤ في الذرة.

#### مراجعة المفردات

**الإلكترون**: جسيم ذو كتلة صغيرة جدًا، سالب الشحنة، موجود في كل أشكال المادة، ويتحرك بسرعة في الفراغ المحيط بناواة الذرة.

#### المفردات الجديدة

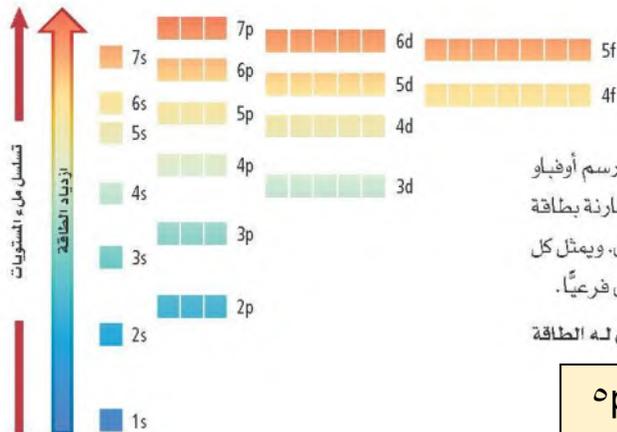
التوزيع الإلكتروني مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)

مبدأ باولي

قاعدة هوند

إلكترونات التكافؤ

التمثيل النقطي للإلكترونات



**الشكل 1-17** يوضح رسم أوفباو طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم مستوى فرعيًا.

حدد أي مستوى ثانوي له الطاقة

الأكبر: 4d أو 5p أو 6p

الخاصية	مثال
طاقة المستويات الفرعية في المستوى الثانوي جميعها متساوية.	المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي $2p$ جميعها متساوية الطاقة.
في الذرة المتعددة الإلكترونات تكون طاقة المستويات الثانوية المختلفة ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد مختلفة.	طاقة المستويات الفرعية الثلاثة في المستوى الثانوي $2p$ أعلى من طاقة المستوى الفرعي $2s$ .
تسلسل زيادة طاقة المستويات الثانوية ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد هو $f, d, p, s$	فإذا كان $n=4$ فسيكون التسلسل لمستويات الطاقة الثانوية $4f, 4d, 4p, 4s$ .
تستطيع مستويات الطاقة الثانوية لمستوى رئيس أن تتداخل مع مستويات الطاقة الثانوية ضمن مستوى رئيس آخر.	تكون طاقة المستوى الفرعي في المستوى الثانوي $4s$ أقل من طاقة المستويات الفرعية الخمسة في المستوى الثانوي $3d$ .

يلخص الجدول 1-5 عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تتمتع فيه المستويات الفرعية بالإلكترونات إلا أنه من المهم أن نعرف أن الذرات لا تُبنى بإضافة إلكترونًا بعد الآخر.

### المفردات

#### أصل الكلمة

"أوفباو Aufbau"

من الكلمة الألمانية *aufbauen*، والتي تعني

جواب ماذا قرأت :

ينص مبدأ أوفباو على أن كل إلكترون يشغل مستوى الطاقة الأدنى المتوافر. وينص مبدأ باولي على أنه يمكن أن يشغل إلكترونان، على الأكثر، مستوى فرعي واحد وينص مبدأ هوند على أن الإلكترونات التي لها اتجاه الدوران نفسه تملأ المستويات المتساوية الطاقة أولاً ثم تضاف الإلكترونات الأخرى التي يكون اتجاه دورانها معاكساً.

**مبدأ باولي** يمكن تمثيل المستويات الفرعية بمربعات أو دوائر كما يمكن تمثيل الإلكترونات في المستويات باستخدام الأسهم في المربعات. ولكل إلكترون اتجاه دوران مرتبط معه، حيث يمثل السهم المتجه إلى أعلى  $\uparrow$  دوران الإلكترون في اتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل  $\downarrow$  دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ  $\square$  مستويًا فرعيًا شاغراً، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى  $\uparrow$  مستويًا فرعيًا بإلكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهمين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل  $\uparrow\downarrow$  مستويًا فرعيًا ممتلئًا. وينص مبدأ باولي على أن عدد الإلكترونات في المستوى الفرعي الواحد لا يزيد عن إلكترونين ويدور كل منهما حول نفسه باتجاه معاكس للآخر. واقترح الفيزيائي النمساوي باولي Pauli (1900-1958 م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس  $\uparrow\downarrow$ . ولأن كل مستوى فرعي لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونين فإن الحد الأعلى للإلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس يساوي  $2n^2$ .

**قاعدة هوند** إن حقيقة تنافر الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة لها تأثير كبير في توزيع الإلكترونات في مستويات فرعية متساوية الطاقة. وتنص قاعدة هوند Hund's على أن الإلكترونات تتوزع في المستويات الفرعية المتساوية الطاقة بحيث تحافظ على أن يكون لها الاتجاه نفسه من حيث الدوران، قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس المستويات نفسها. فعلى سبيل المثال، تملأ مستويات  $2p$  الفرعية الثلاثة بإلكترونات منفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول ستة إلكترونات في مستويات  $p$  الفرعية.

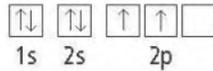
- $\uparrow\ \square\ \square$
- $\uparrow\ \uparrow\ \square$
- $\uparrow\ \uparrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow$
- $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow$

ماذا قرأت؟ اذكر نص القوانين الثلاثة التي تعرف كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرات.

## التوزيع الإلكتروني Electron Configuration

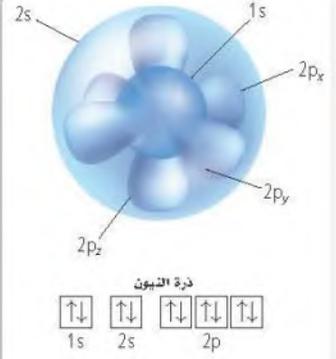
تستطيع أن تمثل التوزيع الإلكتروني للذرة بإحدى الطرائق الآتية: رسم مربعات المستويات، أو الترميز الإلكتروني، أو ترميز الغاز النبيل.

**رسم مربعات المستويات** يمكن التعبير عن الإلكترونات في المستويات الفرعية بأسهم في المربعات؛ إذ يُعَنَوَّن كل مربع بعدد الكم الرئيس ومستوى الطاقة الفرعي في المستوى الثانوي. فعلى سبيل المثال، مستويات ذرة الكربون في الحالة المستقرة تحتوي على إلكترونين في المستوى الفرعي  $1s$ ؛ وإلكترونين في المستوى الفرعي  $2s$ ، وإلكترونين في مستويين فرعيين من مستويات  $2p$  الفرعية الثلاثة، كما هو موضح:



**الترميز الإلكتروني** يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أمثاً يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة  $1s^2 2s^2 2p^2$ .

ويوضح الشكل 1-18 كيفية تداخل مستويات  $1s 2s 2p_x 2p_y 2p_z$  لذرة النيون. ويبين الجدول 1-6 رسم مربعات المستويات والتميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر. وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات  $1s 2s 2p$ ، ويدخل الإلكترون



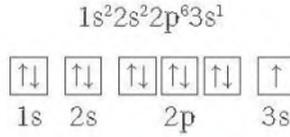
١٠

### الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10

### الجدول 1-6

الترميز الإلكتروني	رسم مربعات المستويات	العدد الذري	العنصر / رمز
$1s^1$	$\uparrow$	1	H الهيدروجين
$1s^2$	$\uparrow\downarrow$	2	He الهيليوم
$1s^2 2s^1$	$\uparrow\downarrow \uparrow$	3	Li الليثيوم
$1s^2 2s^2$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	4	Be البيريليوم
$1s^2 2s^2 2p^1$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \square \square$	5	B البورون
$1s^2 2s^2 2p^2$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \square$	6	C الكربون
$1s^2 2s^2 2p^3$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow \uparrow$	7	N النيتروجين
$1s^2 2s^2 2p^4$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow \uparrow$	8	O الأكسجين
$1s^2 2s^2 2p^5$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow$	9	F الفلور
$1s^2 2s^2 2p^6$	$\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$	10	Ne النيون

الحادي عشر المستوى 3s اعتياداً على مبدأ أوفباو. لذا يكون الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للصدويوم على النحو الآتي:



### المفردات

الاستخدام العلمي مقابل

الاستخدام الشائع

الدورة

الاستخدام العلمي: صف أفقي من

العناصر في الجدول الدوري الحديث.

هناك سبع دورات في الجدول الدوري

الحديث للعناصر.

الاستخدام الشائع: فترة من الوقت

محددة بواسطة ظاهرة متكررة.

تستغرق دورة الأرض حول الشمس

سنة واحدة.

**ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)** طريقة لتمثيل التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الموجودة في العمود الأخير من الجدول الدوري، ويحتوي مدارها الأخير (ما عدا الهيليوم) على ثمانية إلكترونات، وهي عادة مستقرة. وتستخدم الأقواس المربعة في ترميز الغاز النبيل.

فعلى سبيل المثال، [He] يمثل التوزيع الإلكتروني للهيليوم  $1s^2$ ، و [Ne] يمثل التوزيع الإلكتروني للنيون  $1s^2 2s^2 2p^6$ . قارن بين التوزيع الإلكتروني للنيون والصدويوم أعلاه. ولاحظ أن التوزيع الإلكتروني للمستويات الداخلية للصدويوم مماثل للتوزيع الإلكتروني للنيون. ويمكن أن تختصر التوزيع الإلكتروني للصدويوم باستخدام ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي  $[Ne] 3s^1$ . ويوضح الجدول 1-7 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقتي الترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

✓ **ماذا قرأت؟ وضح كيف يُكتب ترميز الغاز النبيل لعنصر ما؟ وما ترميز الغاز النبيل للكالسيوم؟**

جواب ماذا قرأت :

يتم استخدام الأقواس المربعة

عند كتابة الترميز لتدل على

توزيع إلكتروني مستقر

لعنصر نبيل، ثم استكمال بقية

التوزيع الإلكتروني للعنصر ;

$Ca: [Ar] 4s^2$

$[Ne] 3s^2 3p^1$

$[Ne] 3s^2 3p^2$

$[Ne] 3s^2 3p^3$

$[Ne] 3s^2 3p^4$

$[Ne] 3s^2 3p^5$

$[Ne] 3s^2 3p^6$  أو  $[Ar]$

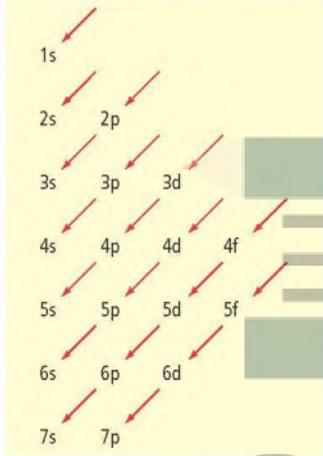
### التوزيع الإلكتروني لعناصر من 11 إلى 18

العنصر/رمزه	العدد الذري	طريقة الترميز الإلكتروني	طريقة ترميز الغاز النبيل
الصدويوم Na	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	
الماغنسيوم Mg	12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	
الألومنيوم Al	13	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	
السليكون Si	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	
الفوسفور P	15	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	
الكبريت S	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	
الكلور Cl	17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	
الأرجون Ar	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	

**استثناءات التوزيع الإلكتروني** يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني  
استقراراً للعناصر التي تبدأ من الفاناديوم ذي العدد الذري 23 وما بعده. ولكن إذا استمرت  
في توزيع الإلكترونات بالطريقة نفسها فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون  $[Ar]4s^2 3d^4$   
وللنحاس سيكون  $[Ar]4s^2 3d^9$  وهما غير صحيحين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم  
وللنحاس  $[Ar]4s^1 3d^5$ ، وللنحاس  $[Ar]4s^1 3d^{10}$ . وتوضح التوزيعات الإلكترونية لهذين العنصرين - كما هو  
الحال لعناصر أخرى - حالة الاستقرار للمستويات نصف الممتلئة والممتلئة d و s.

### استراتيجية حل المسألة

ملء مستويات الطاقة

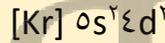


تستطيع أن تكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لأي عنصر كيميائي باستخدام رسم  
المستويات الثانوية واتباع الأسهم.

1. ارسم شكل المستويات الثانوية على ورقة بيضاء.
2. حدّد عدد إلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علماً  
بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.
3. ابدأ بالمستوى 1s، واتبع تسلسل أوفباو للمستويات، وفي أثناء تقدمك أضف الأسس  
التي تشير إلى عدد الإلكترونات في كل مستوى، واستمر في ذلك حتى يكون لديك  
مستويات كافية لاستيعاب العدد الكلي من الإلكترونات في ذرة العنصر.
4. طبّق ترميز الغاز النبيل.

### طبّق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.



ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

### مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br

b. الأنتيمون Sb

c. التيربيوم Tb

d. الرينيوم Re

e. التيتانيوم Ti

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات  
التي تشغل مستويات p الفرعية من إلكترونات التكافؤ السبعة؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات  
السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه  
الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة  $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^1$ ، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك  
عدة. ما هذا العنصر؟

25. تحفيز تحتوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر  
باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

- a. البروم Br  $[Ar]4s^23d^{10}4p^5$   
b. الإسترانشيوم Sr  $[KR]5s^2$   
c. الأنثيمون Sb  $[Kr]5s^24d^{10}5p^3$   
d. الرينيوم Re  $[Xe]6s^24f^{14}5d^5$   
e. التيريبيوم Tb  $[Xe]6s^24f^9$   
f. التيتانيوم Ti  $[Ar]4s^23d^2$

23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن الإلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

لذرة الكبريت التوزيع الإلكتروني  $[Ne]3s^23p^4$   
لذا توجد 6 إلكترونات في المستويات الثانوية في مستوى الطاقة الثالث لذرة الكبريت.

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من الإلكترونات السبعة الأصلية؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة  $[Kr]5s^24d^{10}5p^1$ ، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك عداة. ما هذا العنصر؟  
الإنديوم

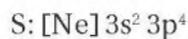
عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من الإلكترونات السبعة الأصلية 5، وعدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور 11.

25. تحفيز تحتوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة على إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

الخلول الإلكتروني، الباريوم  $[Xe]6s^2$   
hulul.online

## إلكترونات التكافؤ Valence Electrons

تحدد إلكترونات التكافؤ، الخواص الكيميائية للعنصر. وتعرف إلكترونات التكافؤ بأنها إلكترونات المستوى الخارجي للذرة (مستوى الطاقة الرئيس الأخير). فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت على 16 إلكترونًا، ستة منها فقط تحتل مستويات 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



وعلى الرغم من أن لذرة السيزيوم 55 إلكترونًا فإن لها إلكترون تكافؤ واحدًا، في المستوى 6s، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:



**التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)** يمثل الكيميائيون عادة إلكترونات التكافؤ التي تشارك في تكوين الروابط الكيميائية باستخدام طريقة مختصرة، تسمى التمثيل النقطي للإلكترونات، وفيها يكتب رمز العنصر الذي يمثل نواة الذرة ومستويات الطاقة الداخلية، محاطًا بنقاط تمثل إلكترونات المستوى الخارجي جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875-1946م) هذه الطريقة عندما كان يدرّس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م. وعند كتابة التمثيل النقطي للإلكترونات تمثل النقاط إلكترونات التكافؤ وتوضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية لتصبح النقاط في صورة أزواج حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح الجدول 1-8 التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الجدول 1-8			الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات
العنصر/رمزه	العدد الذري	التمثيل النقطي للإلكترونات	الترميز الإلكتروني
الليثيوم Li	3	Li•	$1s^2 2s^1$
البريليوم Be	4	•Be•	$1s^2 2s^2$
البورون B	5	•B•	$1s^2 2s^2 2p^1$
الكربون C	6	•C•	$1s^2 2s^2 2p^2$
النيتروجين N	7	•N•	$1s^2 2s^2 2p^3$
الأكسجين O	8	:O:	$1s^2 2s^2 2p^4$
الفلور F	9	:F:	$1s^2 2s^2 2p^5$
النيون Ne	10	:Ne:	$1s^2 2s^2 2p^6$

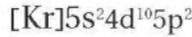
**التمثيل النقطي للإلكترونات** تحتوي بعض معاجين الأسنان على فلوريد القصديروز، وهو مركب من القصدير والفلور. اكتب توزيع الإلكترونات للتمثيل النقطي للإلكترونات القصدير Sn؟

**1 تحليل المسألة**

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدّد العدد الذري لعنصر القصدير، واكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافئه، ثم استخدم قواعد التمثيل النقطي للإلكترونات لرسم التمثيل النقطي الإلكتروني له (تمثيل لويس).

**2 حساب المطلوب**

اكتب التوزيع الإلكتروني للقصدير باستخدام ترميز الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكريبتون Kr



الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكريبتون Kr

تمثل إلكترونات  $5s^2$  و  $5p^2$  إلكترونات التكافؤ الأربعة للقصدير.

ارسم أربعة إلكترونات حول رمز القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير  $\cdot\dot{S}n\cdot$ .

**3 تقويم الإجابة**

تم استخدام الرمز الصحيح للقصدير Sn وقواعد التمثيل النقطي للإلكترونات بصورة صحيحة.

**مسائل تدريبية**

26. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات العناصر الآتية:

- a. الماغنسيوم Mg      b. الثاليوم Tl      c. الزينون Xe

27. تحتوي ذرة عنصر على 13 إلكترونًا. ما هذا العنصر؟ وكم إلكترونًا يظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

28. تحفيزيًّا، يمكن أن يكون عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي أحد العناصر الآتية: الهيدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين أو الأكسجين، أو الفلور، أو الكلور، أو النيون. ما هذا العنصر إذا علمت أن التمثيل النقطي الإلكتروني له  $\cdot\dot{X}\cdot$ ؟

**التقويم 1-3**

**الخلاصة**

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يُحدّد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدّد إلكترونات تكافؤ العنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

29. **الفكرة الرئيسية** طبق مبدأ باولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

- a. السليكون Si      b. الفلور F      c. الكالسيوم Ca      d. الكريبتون Kr.

30. عرّف إلكترونات التكافؤ.

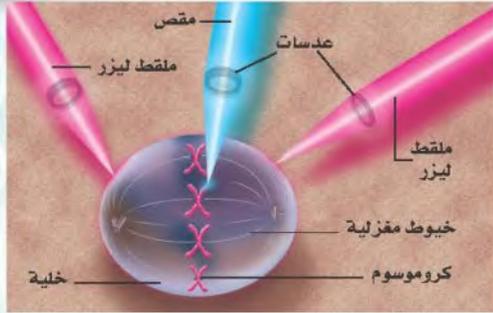
31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات.

32. التوسع عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

33. تفسير الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي لإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسّر إجابتك.

- a.  $\cdot\ddot{S}e:$       b.  $\cdot\ddot{S}e\cdot$       c.  $\cdot\ddot{S}e\cdot$       d.  $\cdot\ddot{S}e\cdot$





**الشكل 2** تستطيع أشعة الليزر الأصغر اختراق العضيات الموجودة داخل الخلايا الحية.

**الليزر والسرطان** أين يستخدم العلماء هذه الملقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوخة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أي حال لا يعرف العلماء تمامًا كيف تقوم هذه الخيوط المغزلية بوظيفتها. استخدمت مقصات الليزر الصغيرة لقطع أجزاء من الكروموسومات خلال عملية انقسام الخلايا. واستخدمت ملقطة الليزر بعد ذلك لتحريك القطع داخل الخلية وحول الخيوط المغزلية، كما في الشكل 2، وبمعرفة القوة التي تمسك بها الملقط الكروموسومات يستطيع العلماء قياس القوة المقابلة التي تبذلها الخيوط المغزلية. ويأمل العلماء أن يعرفوا كيف تعمل الخيوط المغزلية خلال عملية انقسام الخلية، مما يساعدهم على معرفة الأمراض المرتبطة مع انقسام الخلية، ومنها السرطان الذي تنقسم فيه الخلايا بصورة غير قابلة للتحكم.

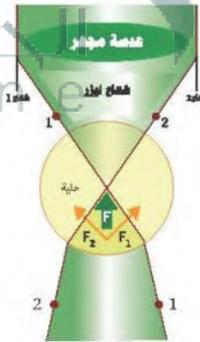
## التتابة 2 الكيمياء

أشعة الليزر يستخدم الليزر في أنواع متعددة من الأجهزة المستعملة في الحياة اليومية. أبحث عن الأنواع المختلفة من الليزر التي نستخدمها في حياتنا، وتعرف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

## ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستخدام ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تتكون هذه الملقط من حزمتي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جدًا، ومنها الخلايا والذرات المفردة. ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

**الإمساك باستخدام الضوء** عند مرور الأشعة الضوئية من خلال خلية ما فإنها تغير من اتجاهها قليلاً، وهذا مشابه لكيفية انحناء أشعة الضوء عند مرورها بوسط مائي، كحوض السمك مثلاً. وعندما تنحني أشعة الضوء تبذل قوة صغيرة جدًا لا تؤثر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح أمكنها عندئذ تثبيت جسم صغير في مكانه، كما في الشكل 1.



**الشكل 1** تنحني الحزمة الضوئية في أثناء مرور أشعة الليزر من خلال الخلية، وتبذل الحزمة قوة صغيرة على الخلية تعمل في الاتجاه المعاكس، وتثبت هذه القوة الخلية في مكانها.

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

### 1-1 الضوء وطاقة الكم

**الفكرة الرئيسية** للضوء - وهو نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي - طبيعة ثنائية موجية وجسيمية.

#### المفاهيم الرئيسية

- تعرّف الموجات بأطوالها الموجية و تردداتها و سعاتها و سرعاتها.
- $c = \lambda \nu$
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كل من الموجة والجسيم.
- تمتص المادة الطاقة و تبعثها بمقدار يُعرف بالكم.

$$E_{\text{الكم}} = h\nu$$

- يُنتج الضوء الأبيض طيفاً متصلأً، في حين يتألف طيف الانبعاث للعنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

#### المصردات

- السعة
- طيف الانبعاث الذري
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- التردد
- التأثير الكهروضوئي
- الفوتون
- الكم

### 1-2 نظرية الكم والذرة

**الفكرة الرئيسية** تساعدك الخصائص الموجية للإلكترونات على الربط بين طيف الانبعاث الذري وطاقة الذرة ومستويات الطاقة.

#### المفاهيم الرئيسية

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي بروي بين طول موجة الجسيم و كتلته و التردد و ثابت بلانك.
- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

$$\lambda = h/mv$$

#### المصردات

- حالة الاستقرار
- العدد الكمي
- مبدأ هايزنبرج للشك
- النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
- مستوى الطاقة الفرعية
- مستوى الطاقة الرئيسي
- مستوى الطاقة الثانوي

### 1-3 التوزيع الإلكتروني

**الفكرة الرئيسية** يحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

#### المفاهيم الرئيسية

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يحدّد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تحدّد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات المستويات، والتمثيل الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

#### المصردات

- التوزيع الإلكتروني
- مبدأ باولي
- إلكترونات التكافؤ
- التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)
- مبدأ أوفباو
- قاعدة هوند

## إتقان حل المسائل

## 1-1

## إتقان المفاهيم

34. عرّف المصطلحات الآتية:

a. التردد c. الكم

b. الطول الموجي d. الحالة المستقرة

35. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية

تصاعدياً حسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي c. موجات الراديو

b. الميكروويف d. الأشعة السينية

36. ما الذي تعنيه عبارة "أشعة جاما لها تردد

 $2.88 \times 10^{21} \text{ Hz}$ ؟

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

38. مصباح النيون كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح

نيون عن ضوء الشمس؟

39. وضح مفهوم بلانك لكم من حيث علاقته باكتساب

المادة للطاقة أو فقدانها.

40. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

41. قوس المطر اذكر فرقتين بين الموجات الكهرومغناطيسية

الحمراء والخضراء في قوس المطر.

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن

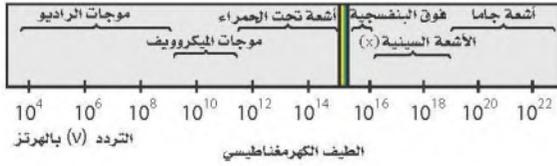
ومشع كلما ازدادت درجة حرارته؟

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء

تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟

وكيف تختلف؟



الشكل 1-19

45. الإشعاع استخدم الشكل 1-19 لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

a. إشعاع بتردد  $8.6 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ b. إشعاع بطول موجي  $4.2 \text{ nm}$ c. إشعاع بتردد  $5.6 \text{ MHz}$ d. إشعاع ينتقل بسرعة  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 

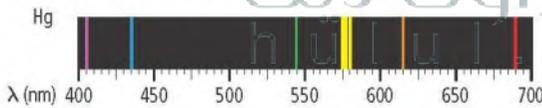
46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده

 $5.00 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي

 $3.33 \times 10^{-8} \text{ m}$ ؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها

 $1.33 \times 10^{17} \text{ Hz}$  وطول موجتها  $2.25 \text{ nm}$ ؟49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده  $4.48 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟

الشكل 1-20

50. الزئبق يظهر في الشكل 1-20 طيف الانبعاث الذري

للزئبق. قدر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟

وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟

51. ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته

 $1.18 \times 10^{-8} \text{ m}$ ؟52. فوتون يمتلك طاقة مقدارها  $2.93 \times 10^{-25} \text{ J}$ ، فما تردده؟

وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

60. ما الذي تمثله  $n$  في نموذج بور الذري؟
61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟
62. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟
63. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟
64. ما الذي ترمز إليه  $n$  في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟
65. انتقال الإلكترون اعتماداً على نموذج بور الموضح في الشكل 1-22 ما نوع انتقالات الإلكترون التي تنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟



الشكل 1-22

66. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسية الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟
67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d؟
68. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثانوي؟
69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثانوي d؟
70. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟
71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثانوي  $2p$ .
72. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

53. فوتون يمتلك طاقة مقدارها  $1.10 \times 10^{-13} \text{ J}$ ، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟
54. السفينة الفضائية ما الوقت الذي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجير حتى تصل الأرض إذا كانت المسافة بين فويجير والأرض  $2.72 \times 10^9 \text{ km}$ ؟
55. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد  $104.5 \text{ MHz}$ ، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟
56. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتون إلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى  $9.08 \times 10^{-19} \text{ J/ photon}$ ؟

57. جراحة العين يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعاً كهرومغناطيسياً طول موجته  $193.3 \text{ nm}$  فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كم واحد من هذا الإشعاع؟



الشكل 1-21

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين  $486 \text{ nm}$ ، فاستعن بالشكل أعلاه على تحديد لون الخط وتردده؟

## 1-2

### إتقان المفاهيم

59. اعتماداً على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات؟

80. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

- a. الكربون      c. الكالسيوم  
b. اليود          d. الجاليوم

81. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر ما؟

82. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت، بطريقة الترميز الإلكتروني.

إتقان حل المسائل (( استعن بالجدول الدوري عند الحاجة للحصول

على الأعداد الذرية للعناصر ))

83. اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

84. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقة الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

- a. البيريليوم      c. النيتروجين  
b. الألومنيوم      d. الصوديوم

85. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:

- a. Zr      c. Kr  
b. Pb      d. P

86. حدد العنصر الذي يُمثل بالتوزيع الإلكتروني الآتي:

- a.  $1s^2 2s^2 2p^5$   
b.  $[Ar] 4s^2$   
c.  $[Xe] 6s^2 4f^4$   
d.  $[Kr] 5s^2 4d^{10} 5p^4$   
e.  $[Rn] 7s^2 5f^{13}$   
f.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

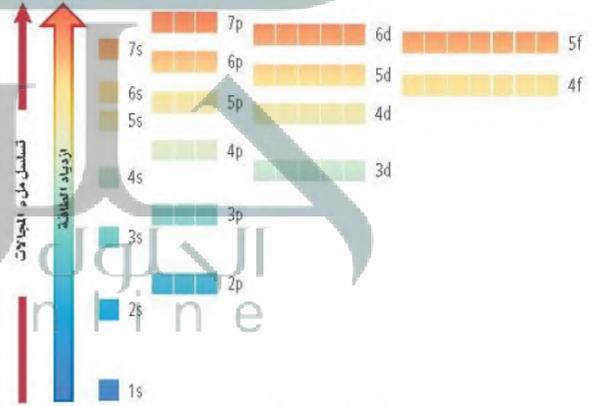
74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

## 1-3

### إتقان المفاهيم

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثانوي؟

76. الروبيديوم وضح باستخدام الشكل 1-23، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 1-23

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتويها؟

78. إن للضوء طبيعة مزدوجة (موجة - جسيم). فماذا تعني هذه الجملة؟

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

مراجعة عامة

92. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسية الآتية:

a. 3

b. 4

c. 6

d. 7

93. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

a. s

b. p

c. d

d. f

94. أي العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربتون، الباريوم؟

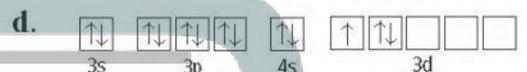
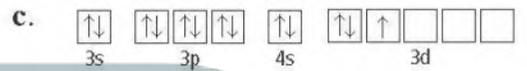
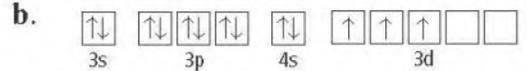
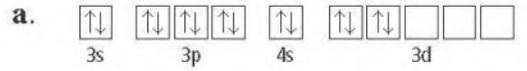
95. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطأً أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

96. الخارصين: تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و 3p و 3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

97. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل  $[Rn]7s^1$ ؟

98. كيف وضح بور طيف الانبعاث الذري؟

87. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 1-24 صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟



الشكل 1-24

88. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

- a. الكربون  
b. الزرنيخ  
c. البولونيوم  
d. البوتاسيوم  
e. الباريوم

89. ما عدد المستويات الرئيسية الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس  $n=4$ ؟

90. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 1-25؟

- a. المنجنيز  
b. الأنتيمون  
c. الكالسيوم  
d. الساماريوم



الشكل 1-25

91. اكتب التوزيع الإلكتروني للذرة القصدية في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

## تقويم إضافي

### الكتابة في الكيمياء

**103.** لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألواناً مختلفة، يملأ المصنعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.

**104.** نموذج رذرفورد: تخيل أنك عالم في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني أرنيست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدماً رسوماً وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

### أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ ينتج خطان متقاربان، أحدهما أصفر والأخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائياً فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء التحذير) الأمن. يبين الشكل 1-27 الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.



الشكل 1-27

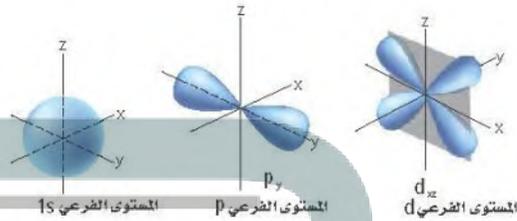
**105.** ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟

**106.** يشع الصوديوم خطين طولاهما 588.9590 nm و 589.9524 nm على الترتيب. اكتب التوزيع الإلكتروني الأكثر استقراراً للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟

**107.** احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدماً المعادلات:  $E = hc/\lambda$ ,  $c = \lambda\nu$ ,  $E = h\nu$

### التفسير الناقد

**99.** صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل 1-26، وحدد اتجاهاتها.



الشكل 1-26

**100.** استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

### مراجعة تراكمية

**101.** حدّد ما إذا كانت كل جملة تصف خاصية كيميائية أو خاصية فيزيائية.

- الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة.
- السكروز صلب، أبيض بلوري.
- يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب.
- يحترق الورق عندما يشتعل.

**102.** إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153 فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

## أسئلة الاختيار من متعدد

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى

الثانوي السابق؟

- a. 2
- b. 3
- c. 6
- d. 8

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى

الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

- a. 10
- b. 20
- c. 25
- d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة

من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية			
التوزيع الإلكتروني	العدد الذري	رمز العنصر	العنصر
[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>9</sup>	23	V	الفاناديوم
[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>	39	Y	اليتريم
[Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>4</sup> 5d <sup>6</sup>			
[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>	21	Sc	السكانديوم
	48	Cd	الكاديوم

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd

باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

- a. [Kr] 4d<sup>10</sup> 4f<sup>2</sup>
- b. [Ar] 4s<sup>2</sup> 3d<sup>10</sup>
- c. [Kr] 5s<sup>2</sup> 4d<sup>10</sup>
- d. [Xe] 5s<sup>2</sup> 4d<sup>10</sup>

1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء

الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي

$2.67 \times 10^{-13} \text{ m}$  عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة

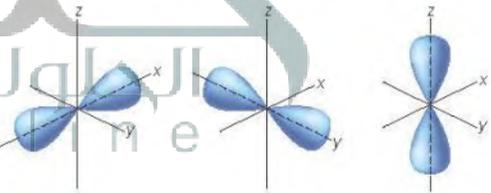
الضوء هي  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

- a.  $8.90 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$
- b.  $3.75 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$
- c.  $8.01 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
- d.  $1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$

2. أي مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي للإلكترونات الإنديوم؟

- a. In
- b. In.
- c. In.
- d. In.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3، 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية

الموضحة في الشكل أعلاه؟

- a. s
- b. p
- c. d
- d. f

### أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

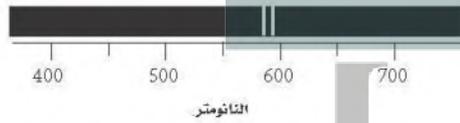
ادرس العبارة الآتية:

عنصر ممثل عدده الذري 13 يوجد في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه.

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 14 و 15.



14. قَدِّر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

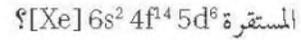
15. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

### أسئلة الإجابات المفتوحة

16. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

17. وضح لماذا لا يمثل التوزيع  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10}$  التوزيع الإلكتروني الصحيح للجرمانيوم Ge؟  
اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة



- a. La
- b. Ti
- c. W
- d. Os

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

- a.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
- b.  $1s^2 2s^2 2p^7 3s^2 3p^7 4s^2 3d^1$
- c.  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^5 4s^2 3d^1$
- d.  $1s^2 2s^1 2p^7 3s^1 3p^7 4s^2 3d^1$

استخدم رسومات مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة عن السؤالين 9 و 10.

- A.  $\begin{array}{|c|} \hline \uparrow\downarrow \\ \hline 1s^2 \\ \hline \end{array}$
- B.  $\begin{array}{|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \\ \hline 1s^2 & 2s^2 \\ \hline \end{array}$
- C.  $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\uparrow\uparrow \\ \hline 1s^2 & 2s^2 & 2p^3 \\ \hline \end{array}$
- D.  $\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow\downarrow\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow \\ \hline 1s^2 & 2s^1 & 2p^6 \\ \hline \end{array}$

9. أي مما سبق يوضح رسمًا لمربعات المستويات يخالف مبدأ أوفباو؟

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

10. أي مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر البريليوم؟

- a. A
- b. B
- c. C
- d. D

## الفصل 1 مراجعة الفصل

### 1 - 1

#### إتقان المفاهيم

34. عرّف المصطلحات الآتية:

a. التردد

عدد الموجات التي تمرّ بنقطة معينة في الثانية الواحدة.

b. الطول الموجي

أقصر مسافة بين النقاط المتساوية على موجة متصلة.

41. قوس المطر اذكر فرقين بين الموجات

الحمراء والخضراء في قوس المطر

للموجات الحمراء طول موجة أطول من موجات الضوء

الأخضر، وتردد أقل.

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم

ساخن ومشع كلما ازدادت درجة حرارته؟

يتغير لون الضوء كلما حصل الجسم على طاقة أكبر.

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء

تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

لا يوضّح نموذج الموجة التأثير الكهروضوئي، ولا يوضّح طيف

الانبعاث الذري، ولا يوضّح لماذا تبعث المادة ترددات مختلفة

للضوء عند درجات حرارة مختلفة.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟

وكيف تختلف؟

ينتقل كلا النوعين من الموجات بالسرعة نفسها في الفراغ

$3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، وكلاهما لا يُرى بالعين المجردة ويسببان

إطلاق طاقة من المادة عند اصطدامه بها. وموجات الراديو لها

طول موجة أطول، وتردد أقل من الموجات فوق البنفسجية.

### إتقان حل المسائل

45. الإشعاع استخدم الشكل 19-1 لتحديد الأنواع الآتية من

الإشعاع.



الشكل 19-1

a. إشعاع بتردد  $8.6 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$

تحت الحمراء.

b. إشعاع بطول موجي  $4.2 \text{ nm}$

الأشعة السينية.

c. الكم

أقل كمية من الطاقة يمكن أن تحصل عليها الذرة أو تفقدتها.

d. الحالة المستقرة

هي الحالة التي يكون فيها الإلكترون عند أقل طاقة ممكنة.

35. رتّب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعدياً بحسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي.

b. الميكروويف.

c. موجات الراديو.

d. الأشعة السينية.

d ثم a ثم b ثم c

36. ما الذي تعنيه عبارة "أشعة جاما لها تردد  $2.88 \times 10^{21} \text{ Hz}$ "؟

هذا يعني أن  $2.88 \times 10^{21}$  موجة من أشعة جاما تعبر نقطة معينة في الثانية الواحدة.

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

ظاهرة يبعث فيها الفلز الإلكترونات من سطحه عندما يسقط عليه ضوء له تردد كافٍ.

38. مصباح النيون كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح

نيون عن ضوء الشمس؟

يتكوّن ضوء موجات النيون من ألوان مرئية معينة، في حين

يتكوّن ضوء الشمس من طيف الألوان كاملة.

39. وضّح مفهوم بلانك للكم من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدها.

تستطيع المادة بحسب مبدأ بلانك، وعند تردد معين  $\nu$ ، إطلاق

الطاقة أو امتصاصها بكميات منفصلة فقط، وتُسمى الكم.

وهي مضاعفات أرقام كاملة من  $h\nu$ .

40. كيف وضّح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

اقترح أن يكون للفوتونات قيم دنيا أو حد معين، حتى تؤدي

إلى إطلاق الفوتوالكترون.

51.

ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته  $1.18 \times 10^{-8}$  m

$$E_{\text{photon}} = hv = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (2.54 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}) = 1.68 \times 10^{-17} \text{ J}$$

52. فوتون له طاقة مقدارها  $2.93 \times 10^{-25}$  J، فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$\nu = \frac{E_{\text{photon}}}{h} = \frac{(2.93 \times 10^{-25} \text{ J})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})} = 4.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$$

موجة FM أو موجة TV.

53. فوتون له طاقة مقدارها  $1.10 \times 10^{-13}$  J، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$\nu = \frac{E_{\text{photon}}}{h} = \frac{(1.10 \times 10^{-13} \text{ J})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})} = 1.66 \times 10^{20} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.66 \times 10^{20} \text{ s}^{-1})} = 1.81 \times 10^{-12} \text{ m}$$

الأشعة السينية أو أشعة جاما.

54. السفينة الفضائية ما الوقت التي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجر حتى تصل إلى الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض  $2.72 \times 10^9$  km

$$t = \frac{d}{c}, d = (2.72 \times 10^9 \text{ km}) \left( \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) = 2.72 \times 10^{12} \text{ m}$$

$$t = \frac{d}{c} = \frac{(2.72 \times 10^{12} \text{ m})}{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})} = 9070 \text{ s أو } 151 \text{ min}$$

56. إشعاع بتردد  $5.6 \text{ MHz}$

راديو AM.

57. إشعاع يتقل بسرعة  $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$

أي موجة كهرومغناطيسية.

46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده  $5.00 \times 10^{12} \text{ Hz}$  وما نوع هذا الإشعاع؟

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(5.00 \times 10^{12} \text{ s}^{-1})} = 6.00 \times 10^{-5} \text{ m}$$

الأشعة تحت الحمراء.

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي  $3.33 \times 10^{-8} \text{ m}$  وما نوع هذا الإشعاع؟

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(3.33 \times 10^{-8} \text{ m})} = 9.01 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

الأشعة فوق البنفسجية.

48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها  $1.33 \times 10^{17} \text{ Hz}$  وطول موجتها  $2.25 \text{ nm}$ ؟

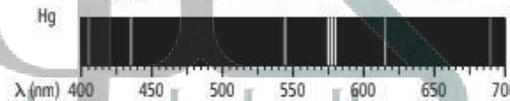
$$c = \lambda \nu = (2.25 \times 10^{-9} \text{ m}) (1.33 \times 10^{17} \text{ s}^{-1})$$

$$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده  $4.48 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ؟

$$E_{\text{photon}} = hv = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (4.48 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}) = 2.97 \times 10^{-19} \text{ J}$$

50. الزئبق يظهر في الشكل 1-20 طيف الانبعاث الذري للزئبق. قَدِّر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟



الشكل 1-20

$$\lambda = 615 \text{ nm} = 6.15 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(6.15 \times 10^{-7} \text{ m})} = 4.88 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$E_{\text{photon}} = hv = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (4.88 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}) = 3.23 \times 10^{-19} \text{ J}$$

## 1.2

### إتقان المفاهيم

59. اعتمادًا على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في مستويات دائرية حول النواة؟

تتحرك الإلكترونات في مستويات دائرية حول النواة.

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟

يحدد عدد الكم n مستوى الإلكترون.

61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟

حالة استقرار الذرة هي الحالة الأقل طاقة، في حين أن أي حالة طاقة أعلى من حالة الاستقرار تُعد حالة إثارة للذرة.

62. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة، ويُعد العالم إروين شرودنجر أول من كتب معادلات موجة الإلكترون.

63. ما المقصود بالمستوى الذري؟

منطقة ثلاثية الأبعاد تصف موقع الإلكترون المحتمل حول النواة.

64. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الميكانيكي الكمي للذرة؟

يُمثل n عدد الكم الرئيسي، ويُعبّر عن الحجم النسبي وطاقة المستوى.

55. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد 104.5 MHz، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟

$$v = (104.5 \text{ MHz}) \left( \frac{10^6 \text{ Hz}}{1 \text{ MHz}} \right) = 1.045 \times 10^8 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.045 \times 10^8 \text{ s}^{-1})} = 2.87 \text{ m}$$

$$E_{\text{photon}} = hv = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (1.045 \times 10^8 \text{ s}^{-1}) = 6.92 \times 10^{-26} \text{ J}$$

56. بلاتين ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتون إلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى  $(9.08 \times 10^{-19} \text{ J/photon})$ ؟

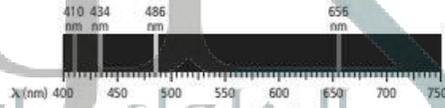
$$v = \frac{E_{\text{photon}}}{h} = \frac{(9.08 \times 10^{-19} \text{ J})}{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})} = 1.37 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

57. جراحة العين يُستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين، وهو يبعث إشعاعًا كهربيًا ومغناطيسيًا طول موجته 193.3 nm. فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كم واحد من هذا الإشعاع؟

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.933 \times 10^{-7} \text{ m})} = 1.55 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

$$E_{\text{photon}} = hv = (6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) (1.55 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}) = 1.03 \times 10^{-18} \text{ J}$$

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين 486 nm، فاستعن بالشكل 21-1 على تحديد لون الخط وتردده؟



الشكل 21-1

لون الخط أزرق مخضر، وتردده  $6.17 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ .

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/s})}{(4.86 \times 10^{-7} \text{ m})} = 6.17 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

71. صف الانجازات النسبية للمستويات الفرعية الثانوية للمستوى الثاني 2p؟

تقع على طول محاور الإحداثيات  $x, y, z$  والمستويات الفرعية الثلاثة  $p, d$  متعامد بعضها على بعض.

72. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

ثمانية إلكترونات.

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

لا يعطي النموذج الكمي أي وصف لمسارات الإلكترونات في الذرة.

74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

لأنه من الصعب تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات، وأن ما يمكن معرفته فقط هو المكان الذي يُحتمل أن يكون فيه الإلكترون حول النواة.

حول النواة.

1.3

إتقان المظاهر

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثاني؟

لا بُد أن يحتوي كل مستوى على إلكترون واحد قبل أن يدخله إلكترون آخر.

65. انتقال الإلكترون اعتمادًا على نموذج بور الموضح في الشكل 1-22، ما نوع انتقالات الإلكترون التي تُنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

سلاسل الضوء المرئي (بالترتيب)



السلاسل تحت الحمراء (بالترتيب) السلاسل فوق البنفسجية (ليمان)

الشكل 1-22

تحدث سلسلة ليمان Lyman بسبب انتقال الإلكترون من مستويات بور عالية الطاقة إلى المستوى  $n=1$ .

66. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسة الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟

لستوى الطاقة الرئيس الأول مستوى ثانوي واحد، ولستوى الطاقة الرئيس الثاني مستويان ثانويان، ولستوى الطاقة الرئيس الثالث ثلاثة مستويات ثانوية، فيصبح المجموع عندئذ - ستة مستويات فرعية.

67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثاني d؟

عدد المستويات الفرعية في المستوى الثاني d خمسة مستويات.

68. فيم تشابه المستويات الفرعية في المستويات الثانوية  $s, p, d, f$ ؟

تشابه في أشكالها.

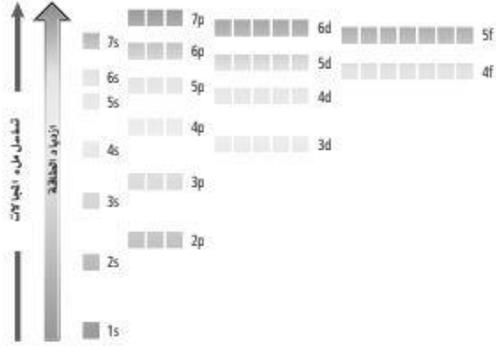
69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثاني d؟

$xy, xz, yz, x^2 - y^2 - z^2$

70. ما أقصى عدد يمكن أن يسعّه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟

إلكترونان.

76. الروبيديوم وضح باستخدام الشكل 1-23، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 1-23

لأن طاقة المستوى الفرعي المتعلقة بالمستوى 5s أقل من طاقة المستويات الفرعية المتعلقة بالمستوى 4d أو المستوى 4f.

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتوي عليها؟ هي إلكترونات مستويات الذرة الخارجية؛ وعددها 2.

78. للضوء طبيعة مزدوجة (موجة-جسيم). فماذا تعني هذه العبارة؟

يسلك الضوء سلوكاً مشابهاً للموجة في بعض الحالات ومشابهاً للجسيمات في حالات أخرى.

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

الكم هو أقل طاقة يمكن أن تفقدتها الذرة أو تكتسبها، في حين أن الفوتون جسيم يحمل طاقة مقدارها كم واحد.

80. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

- a. الكربون 4
- b. اليود 7
- c. الكالسيوم 2
- d. الجاليوم 3

81.

ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي توزع الإلكترون في ذرة عنصر ما؟

مبدأ باولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند.

82.

اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت بطريقة الترميز الإلكتروني.

الأكسجين:  $1s^2 2s^2 2p^4$ ، يحتوي رسم المربعات على خمسة صناديق؛ سهمان في كل من الصناديق الثلاثة الأولى، وسهم واحد في كل صندوق من الصندوقين الأخيرين. أما الكبريت  $[Ne] 3s^2 3p^4$  فيحتوي رسم المربعات على تسعة صناديق؛ سهمان في كل من الصناديق السبعة الأولى، وسهم واحد في كل صندوق من الصندوقين الأخيرين.

إتقان حل المسائل

83. اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

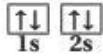
1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d,

6p, 7s, 5f, 6d, 7p

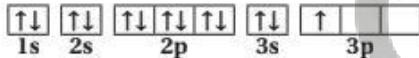
84. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز

الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

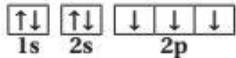
Be:  $1s^2 2s^2$



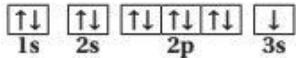
Al:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$



N:  $1s^2 2s^2 2p^3$



Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$



a. البيريليوم

b. الألومنيوم

c. النيتروجين

d. الصوديوم

d. البوتاسيوم

e. الباريوم

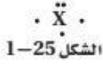
89. ما عدد المستويات الرئيسة الموجودة في ذرة البوتاسيوم؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس  $n=4$ ؟

18، 15، 4

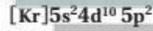
90. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في الشكل 1-25؟

a. المنجنيز  
b. الأنتيمون  
c. الكالسيوم  
d. الساماريوم

(b)



91. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة القصدير في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

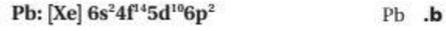


مراجعة عامة

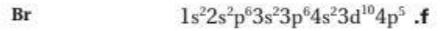
92. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكم الرئيسة الآتية؟

- 18 a. 3  
32 b. 4  
72 c. 6  
98 d. 7

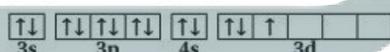
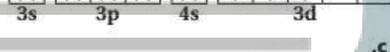
85. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:



86. حدّد العناصر التي تُمثّل بالتوزيعات الإلكترونية الآتية:



87. أي رسوم مربعات المستويات في الشكل 1-24 صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

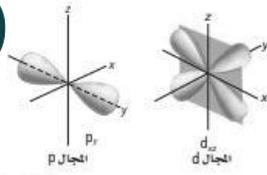


الشكل 1-24

(b)

88. ارسم التمثيل النقطي للإلكترونات ذرات العناصر الآتية:





الشكل 1-26

المستوى الفرعي s كروي ويرتبط بمستوى الطاقة الثاني s.

أما المستوى الفرعي p<sub>y</sub> في صورة فصوص موجية على طول محور y، وهو جزء من مستوى الطاقة الثاني p.

أما المستوى الفرعي d<sub>xy</sub> في صورة فضين متعامدين يقعان في المستوى xy، وترتبط بالمستوى الثاني d.

100. استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كل مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفسفور.

سيصبح كل من الليثيوم والفسفور غازًا نبيلاً، أما الليثيوم فله التوزيع الإلكتروني 1s<sup>3</sup> ويكون مشابهًا للهليوم 1s<sup>2</sup>، أما الفسفور فله التوزيع الإلكتروني 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup> ويكون مشابهًا للنيون 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>.

مراجعة تراكمية

101. حدّد الجمل الآتية التي تصف خاصية كيميائية أو فيزيائية:

- الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة. خواص فيزيائية
- السكر صلب، أبيض بلوري. خواص فيزيائية
- يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء. خواص كيميائية
- يحترق الورق عندما يشتعل. خواص كيميائية

102. إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153، فما عدد كل من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

64 إلكترونًا، 64 بروتونًا، 89 نيوترونًا.

93. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كل مستوى ثانوي مما يأتي:

- s
- p
- d
- f

94. أي العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربون، الباريوم؟

الهيليوم، الكالسيوم، الكوبالت، الباريوم.

95. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات يُنتج خطًا أخضر-أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين بحسب نموذج بور للذرة؟

$$n = 4 \rightarrow n = 2$$

96. الخارصين، تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و 3p و 3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

النقطتان هما إلكترونات تكافؤ المستوى 4s في الذرة.

97. أي عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثل بترميز الغاز النبيل [Rn]7s<sup>1</sup>؟

الفرانسيوم

98. كيف وضّح بور طيف الانبعاث الذري؟

اقترح بور أن الذرات تبعث ضوءًا لها أطوال موجية وطاقات معينة عندما تنتقل الإلكترونات من مستويات عالية الطاقة إلى مستويات منخفضة الطاقة.

التفكير الناقد

99. صف أشكال المستويات الفرعية الموضّحة في الشكل 1-26، وحدّد اتجاهاتها.

103. لوحات النيون، لعمل لوحات نيون تبعث ألوانًا مختلفة، يملأ المصنِّعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تُعبِّر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تُنتجها تلك الغازات.

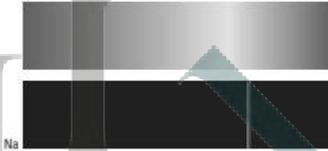
قد تشمل إجابات الطلاب العناصر والألوان الآتية، الهيليوم (أصفر)، النيون (برتقالي - أحمر)، الصوديوم (أصفر)، الأرجون (لافتندر)، الكريبتون (أبيض)، الزينون (أزرق).

104. نموذج رذرفورد، تخيّل أنك عالمٌ في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني إرنست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج ووضّح أهمّ نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمّنها، ثمّ اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تُعبِّر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدمًا رسومًا وأمثلة على عناصر محدّدة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

ستتنوع الإجابات.

أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ يُنتج خطان متقاربان، أحدهما أصفر والآخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائيًا فإنها تُستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء التحذير (الأمّن). يُبين الشكل 1-27 الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.



الشكل 1-27

105. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه.

أحدهما يوضّح ألوان الطيف المرئي جميعها، أما الآخر فيوضّح ألوانًا محدّدة منبعثة من ذرات الصوديوم ويُعرف بطيف الانبعاث الذري للصوديوم.

106.

يُشعّ الصوديوم خطين طولاهما

589.9524 nm على الترتيب. اكتب

الأكثر استقرارًا للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني

للصوديوم بالخطوط؟

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . يظهر الخطان عندما تنتقل الإلكترونات من

من حالة أكثر إثارة تكون فيها الطاقة أعلى إلى حالة تكون

فيها طاقة أقل. ويحدث هذا عندما تنتقل الإلكترونات من

مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أدنى.

107. احسب طاقة الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدمًا المعادلات التالية.

$$E_{\text{photon}} = \frac{hc}{\lambda}; c = \lambda v; E_{\text{photon}} = hv$$

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{(5.89590 \times 10^{-7} \text{ m})} = 3.38 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(3.00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1})}{(5.89524 \times 10^{-7} \text{ m})} = 3.37 \times 10^{-19} \text{ J}$$

### اختبار مُقنّن

#### أسئلة الاختيار من متعدد

1. الأشعة الكونية أشعة عالية الطاقة قادمة من الفضاء الخارجي، ما تردد هذه الأشعة التي طولها الموجي  $2.67 \times 10^{-13} \text{ m}$  عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة الضوء هي  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

a.  $8.90 \times 10^{-22} \text{ s}^{-1}$       c.  $8.01 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

b.  $3.75 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$       d.  $1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$

(d)

$$c = \lambda v \rightarrow v = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(2.67 \times 10^{-13} \text{ m})} = 1.12 \times 10^{21} \text{ s}^{-1}$$

2. أي مما يأتي يُعبّر عن التمثيل التقني لإلكترونات الإنديوم؟

a.  $\text{In}$       c.  $\text{In}$

b.  $\text{In}$       d.  $\text{In}$

(c)

6. ما التوزيع الإلكتروني لحالة المستقرة لـ Sc؟  
ترميز الغاز النبيل؟

- a.  $[Kr]4d^{10}4f^2$  .c.  $[Kr]5s^24d^{10}$   
b.  $[Ar]4s^23d^{10}$  .d.  $[Xe]5s^24d^{10}$

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة المستقرة  $[Xe]6s^24f^{14}5s^6$ ؟

- a. La .c. W  
b. Ti .d. Os

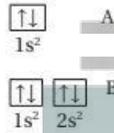
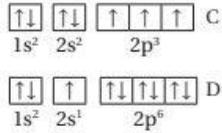
(d)

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

- a.  $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^1$   
b.  $1s^22s^22p^73s^23p^74s^23d^1$   
c.  $1s^22s^22p^63s^23p^54s^23d^1$   
d.  $1s^22s^22p^73s^13p^74s^23d^1$

(a)

استخدم رسوم مربعات المستويات الموضحة أدناه للإجابة عن السؤالين 9 و 10:



9. أي مما سبق يوضح رسمًا لمربعات المستويات يخالف مبدأ أوفباو؟

- a. A .c. C  
b. B .d. D

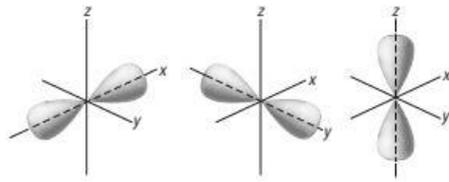
(d)

10. أي مما سبق يوضح رسم مربعات المستويات لعنصر البريليوم؟

- a. A .c. C  
b. B .d. D

(b)

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3 و 4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية الموضحة في الشكل أعلاه؟

- a. s .c. d  
b. p .d. f

(b)

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى الثانوي السابق؟

- a. 2 .c. 6  
b. 3 .d. 8

(c)

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

- a. 10 .c. 25  
b. 20 .d. 50

(d)

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية			
العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفناديوم	V	23	$[Ar]4s^23d^3$
اليتريم	Y	39	$[Kr]5s^24d^1$
			$[Xe]6s^24f^{14}5d^6$
الإسكانديوم	Sc	21	$[Ar]4s^23d^1$
الكاديوم	Cd	48	

15. وضح لماذا لا يُمثل التوزيع  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^2 4d^{10} 4p^2$  التوزيع الإلكتروني الصحيح للجermanيوم؟

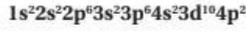
التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

لأن الإلكترونات في مستوى الطاقة الثانوي (d) تقع في مستوى

الطاقة الرئيس الثالث، وليس الرابع، كما هو مبين في التوزيع

أعلاه.

والتوزيع الإلكتروني الصحيح هو:



## أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟  
32 إلكترونًا.

ادرس العبارة الآتية:

عنصر مُمثل، عدده الذري 13، في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه؟

لمستوى الطاقة الرئيس الأول مستوى ثانوي واحد، أما مستويا الطاقة الرئيس الثاني والثالث فكل منهما مستويان ثانويان، فيصبح المجموع 5 مستويات.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه؟

9 مستويات فرعية.

## أسئلة الإجابات المفتوحة

14. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل التقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

يُوفّر بناء التمثيل التقطي للإلكترونات معلومات عن عدد الإلكترونات الخارجية أو إلكترونات التكافؤ في الذرة، في حين يوضح التوزيع الإلكتروني مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية للإلكترونات جميعها في الذرة.