قـــررت وزارة الـتـعـلـيـم تـــدريس
هـذا الـكـتـاب وطـبـعـه عـلـى نـفـقـتـهـا

المملكة العربية السعودية

الكيمياء 2

التعليم الثانوي - نظام المسارات

السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

يُوزع مجّانًا ولا يُباع

طبعة 1445 - 2023

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
كيمياء ٢ – التعليم الثانوي – نظام المسارات – السنة الثانية. /
وزارة التعليم – ط ١٤٤٥ . – الرياض ، ١٤٤٤ هـ .
٥٨١ص ؛ ٢١ X ٢٧,٥ سم
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

١ – الكيمياء – كتب دراسية ٢ – التعليم الثانوي – السعودية
ديوي ٥٤٠,٧١٢ ١٤٤٤/٨٦٩١

رقم الإيداع : ١٤٤٤/٨٦٩١
ردمك : ٤-٤٢٦-٥١١-٦٠٣-٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.

fb.ien.edu.sa

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

القسم الأول

الفصل 2

الإلكترونات في الذرات
Electrons in Atoms

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

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

2-2 نظرية الكم والذرة

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

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يُحدَّد 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.

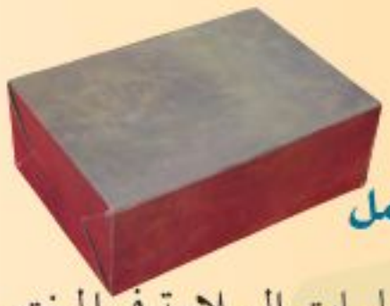
موقع واجباتي

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

إذا أُهدي إليك هديّة في علبة بمناسبة نجاحك، وحاولت أنّ تتوقع الهدية دون فتحها. فإنّ ما قمت به يشبه ما قام به الكيميائيون الأوائل لتحديد تركيب الذرة.



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؟

عبر رفع الصندوق لمعرفة كتلة الجسم ثم ارجاع الصندوق إلى الخلف بلطف لتحديد حجمه

2. **حدّد** الحواس التي استخدمتها في ملاحظاتك.

يمكن استخدام حاسة الشم والسمع والنظر .

3. **ناقش** لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود داخل الصندوق دون فتحه؟

لا نستطيع تحديد نوع الجسم دون رؤيته وملاحظته لذلك لابد من فتح الصندوق ولهذا يصعب التحديد بدقة.

المطويات
منظمات الأفكار

التوزيع الإلكتروني

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

خطوة 1 اثنِ ورقة عند منتصفها طوليًّا، على أن تكون الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية 2 cm تقريبًا.

خطوة 2 اطوِ الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.

خطوة 3 افتح الورقة على أن تعود إلى الوضع السابق، ثم قصّ الجزء الأمامي عند موضع الثني لكي تحصل على 3 أجزاء.

خطوة 4 عنون الأجزاء الثلاثة على النحو الآتي: مبدأ أوفباو، مبدأ باولي، قاعدة هوند.

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–2**، ولخص كل قاعدة تحت التبويب المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا القسم.

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

من الصعب دراسة مكونات الذرة لصغر حجمها، فعند دراستها نحتاج إلى إمكانيات ونظريات دقيقة جداً.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–1

الضوء وطاقة الكم
Light and Quantized Energy

الأهداف

- **تقارن** بين الطبيعة الموجيّة والجسيمية للضوء.
- **تعرّف** طاقة الكم، وتفسر كيفية ارتباطها مع تغير طاقة المادة.
- **تقارن** بين الطيف الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

الإشعاع الكهرومغناطيسي
الطول الموجيّ
التردّد
سعة الموجة
سرعة الموجة
الطيف الكهرومغناطيسي
الكمّ
ثابت بلانك
التأثير الكهروضوئي
الفوتون
طيف الانبعاث الذري

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

الربط مع الحياة هل قمت يومًا بتسخين وجبة طعام بارد في الميكروويف؟ عندما تصل موجات الميكروويف إلى الطعام تقوم حزمٌ صغيرةٌ من الطاقة بتسخينه في وقت قصير.

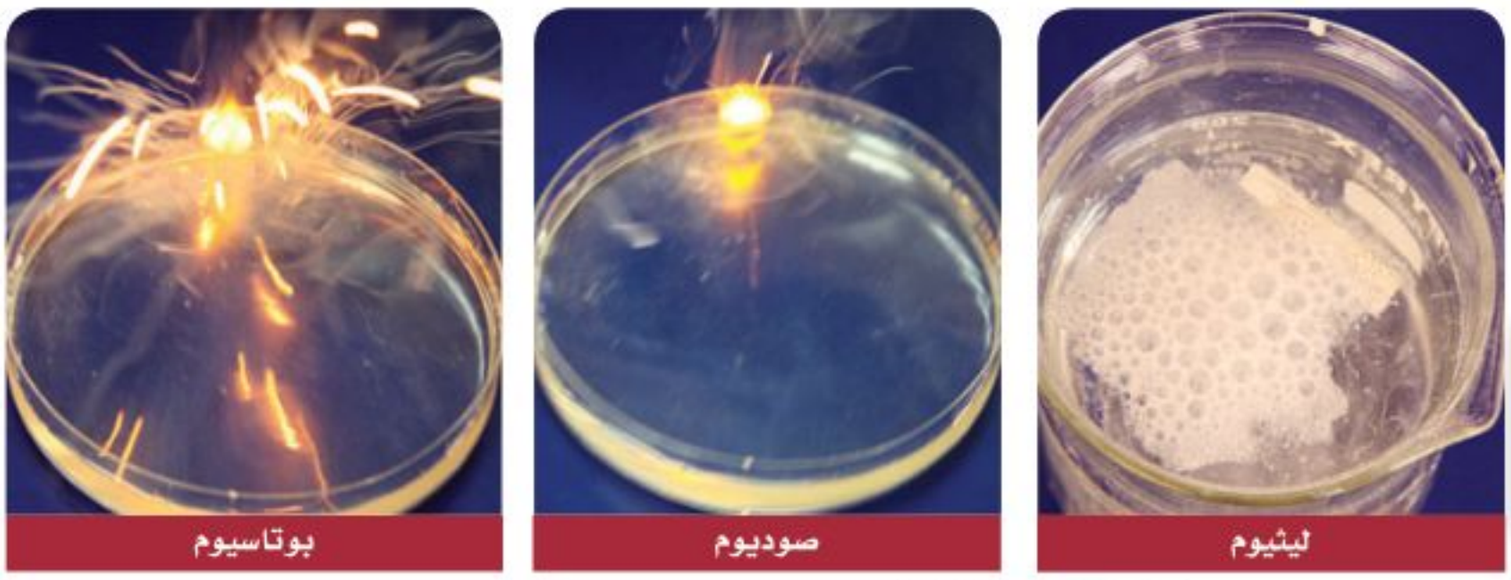
الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات
The Atom and Unanswered Questions

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

اقترح رذرفورد أن شحنة نواة الذرة موجبة، وأنّ كتلة الذرة متركزة في النواة المحاطة بإلكترونات سريعة الحركة. غير أن هذا النموذج لم يوضح كيفية ترتيب الإلكترونات في الفراغ حول النواة، ولم يوضح أيضًا سبب عدم انجذاب الإلكترونات السالبة الشحنة إلى النواة الموجبة الشحنة. كما أن هذا النموذج لم يمكّن 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 مطلقة غاز الهيدروجين ولكنها تختلف في شدة تفاعلها، حيث يتفاعل كل من الصوديوم والبوتاسيوم بشدة مع الماء، كما في **الشكل 1–2**، 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.



الشكل 1–2 للعناصر المختلفة تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.

موقع واجباتي

موقع واجباتك

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

يُعدُّ الضوء المرئي نوعًا من **الإشـــعاع الكهرومغناطيسي**، وهو شـــكل من أشكال الطاقة الذي يسلك السلوك الموجي في أثناء انتقاله في الفضاء. ومن الأمثلة الأخرى للإشعاع الكهرومغناطيسي الميكروويف الذي يســـتخدم 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 مألوفًا لك. فعند رميك حجرًا في بركة ماء مثلًا تتكون موجات دائرية مركزها الحجر الذي رميته تشـــبه تلك التي تظهر في **الشكل 2a–2**.

الطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين، كما هو موضح في **الشكل 2b–2**. ويرمز له بالرمز اليوناني لمدا Lambda (λ)، ويقاس بالأمتار أو السنتمترات أو النانومترات ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$).

التردّد هو عدد الموجات التي تعبر نقطة محددة خلال ثانية، ويرمز له بالرمز f؛ ويقاس التردد بالهرتز Hz؛ وهو وحدة قياس عالمية تساوي موجة واحدة في الثانية. وفي الحسابات، يعبر عن التردد بوحدة موجة لكل ثانية ($1/\text{s}$) (s^{-1})، وعندما يعبّر عنه بهذه الطريقة، يتم فهم المقصود بالموجة. فعلى سبيل المثال:

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

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

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

تعلمت سابقًا أنه يمكنك إحداث موجة مستعرضة كتلك التي تظهر في **الشكل 2b–2** بتحريك نهاية الحبل الحرة إلى أســـفل 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 المســـافات التى 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 (f).

معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

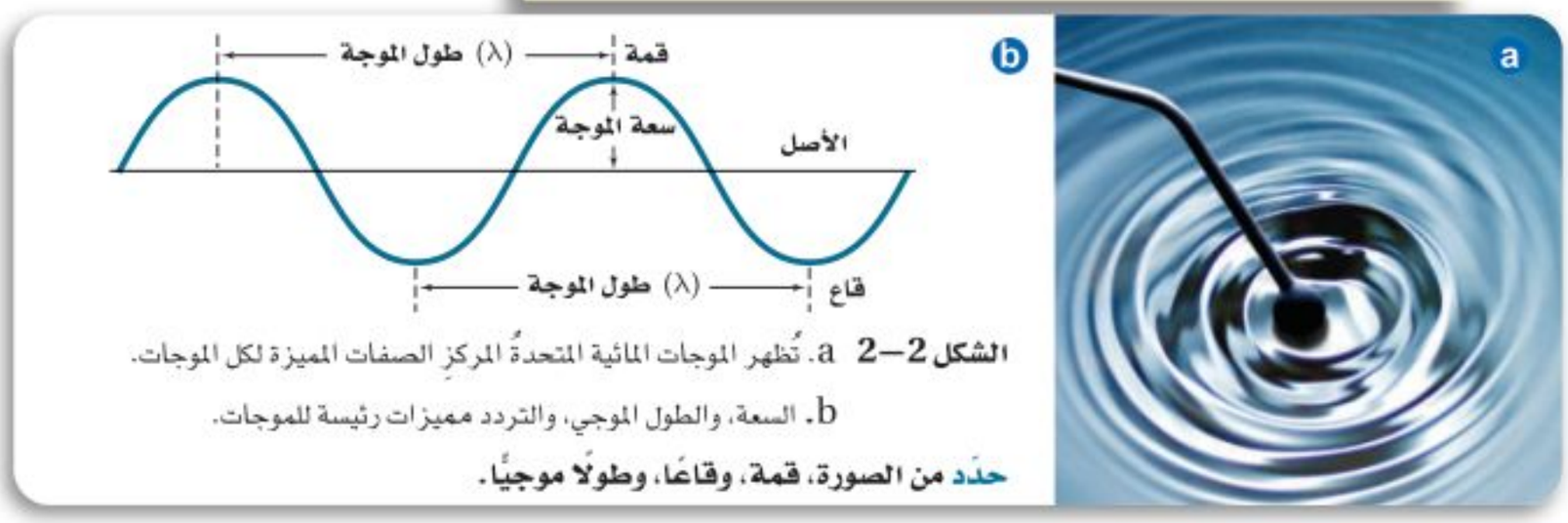
$$c = \lambda f$$

حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

λ الطول الموجي.

f التردد.

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



الشكل 2–2 a. تُظهر الموجات المائية المتحدةُ المركزِ الصفات المميزة لكل الموجات.

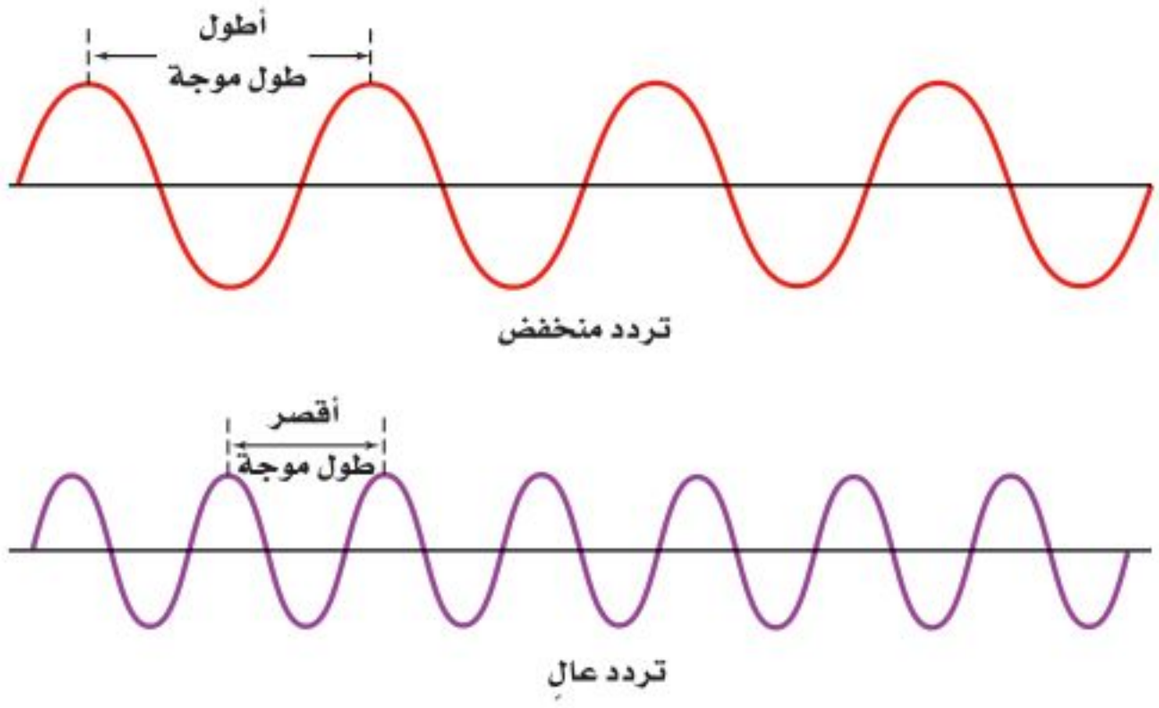
b. السعة، والطول الموجي، والتردد مميزات رئيسة للموجات.

حدّد من الصورة، قمة، وقاعًا، وطولًا موجيًا.

القمة هي أعلى مكان تصل إليه الموجه، أما القاع هو أقصى ارتفاع تصل إليه الموجه للأسفل، والطول الموجي هو أقصر مسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين.

موقع واجباتك

موقع واجباتي



الشكل 3–2 توضح هذه الموجات العلاقة بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلّ التردد.

استنتج هل يؤثر التردد والطول الموجي في سعة الموجة؟

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 عكسيًّا أحدهما مع الآخر. ولفهم هذه العلاقة على نحوٍ أفضل، تفحّص الموجتين المرسومتين في **الشكل 3–2**. فعلى الرغم من أن كلتا الموجتين تنتقلان بسرعة الضوء إلاّ 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 مَدًى متصل من أطوال الموجات والترددات. وعند مرور الضوء الأبيض من خلال المنشور ينفصل إلى طيف متصل من الألوان يشبه الطيف المبين في **الشكل 4–2**، وهذه هي ألوان الطيف المرئي، المسمى بالطيف المستمر؛ وذلك لأن كل نقطة فيه تتوافق مع طول موجة وتردد مميزين. وقد تكون ألوانُ هذا الطيف مألوفة لديك، فإذا كنت قد رأيت قوس المطر من قبل فقد رأيت الألوان المرئية كلها مرة واحدة. ويتشكل قوس المطر عندما تشتت قطرات الماء الصغيرة الموجودة في الهواء ضوءَ الشمس الأبيض إلى ألوانه؛ إذ يتشكل الطيف في صورة قوس في السماء.

مهن في الكيمياء

محلّلو الطيف تحليل الطيف هو دراسة الطيف الممتص أو المنبعث من المادة. وبما أن لكل عنصر طيف مميزٌ وفريد من نوعه ويشبه بصمة الإصبع، لذا يستخدم علماء الفيزياء الفلكية التحليل الطيفي للكشف عن مكوّنات بعض النجوم مثل الشمس. ويُظهر طيف الامتصاص النجمي خطوطًا معتمة كثيرة، تُمكّن محلّلي الطيف من تعرف العناصر الموجودة في النجم.

الشكل 4–2 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوّناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

يظهر الطيف المرئي للضوء، في **الشكل 4-2**، كجزء بسيط من الطيف الكهرومغناطيسي الكامل، الموضح في **الشكل 5-2**. 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 4-2** 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 المبينة في **الشكل 5-2**، أن الطاقة تزداد كلما ازداد التردد. وبناءً على ذلك، يُظهر **الشكل 3-2** أن تردد الضوء البنفسجي أكبر. وعليه فإن طاقته أكبر من الضوء الأحمر. وستدرس لاحقًا العلاقة بين التردد والطاقة.

العلاقة بين الطاقة والتردد علاقة طردية، حيث تزداد الطاقة بازدياد التردد.

ماذا قرأت؟ اذكر العلاقة بين طاقة الإشعاع الكهرومغناطيسي وتردده.

الربط مع الفيزياء تتعرض 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.

King Faisal PRIZE

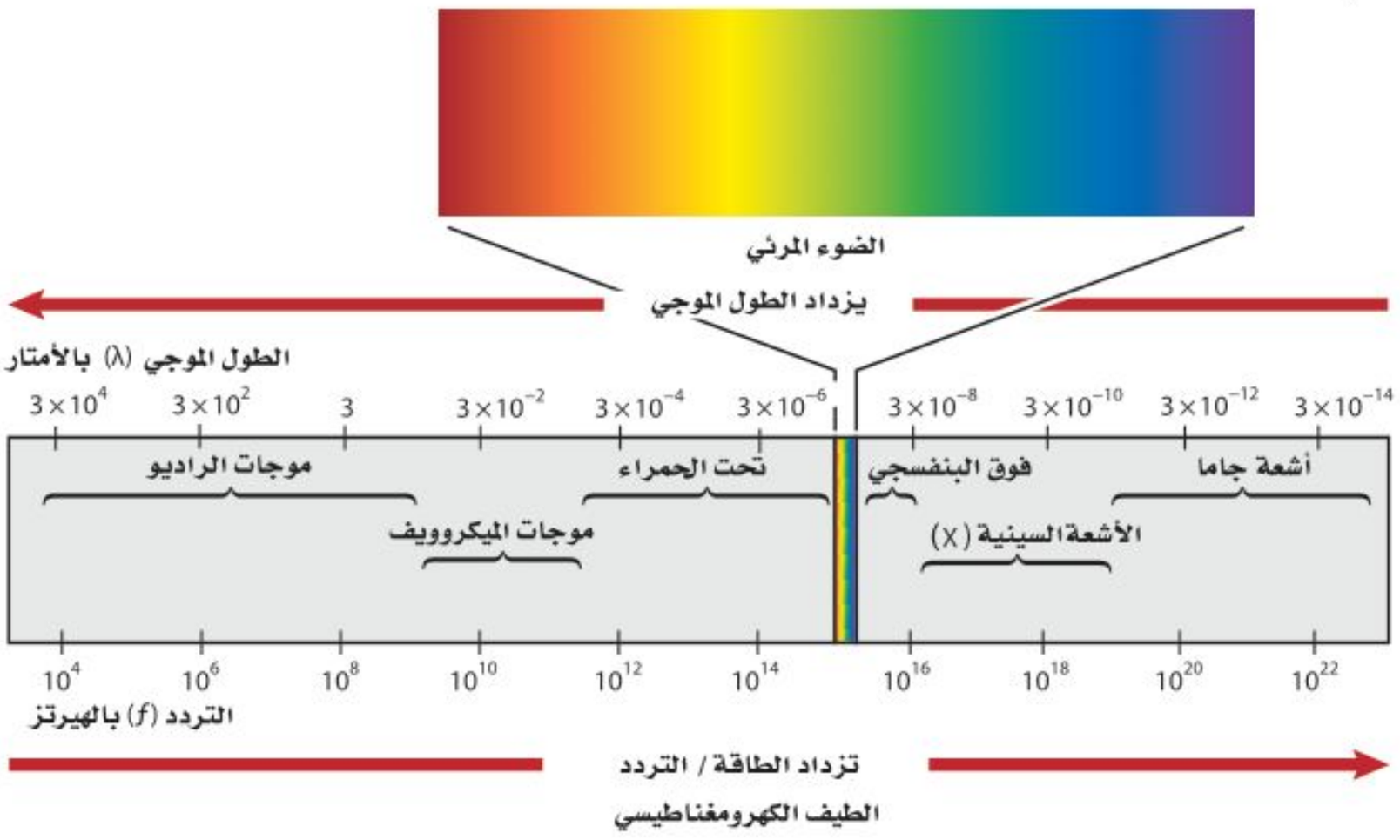
مُنح البروفيسور مصطفى عمرو السيد جائزة الملك فيصل / فرع العلوم عام 1410هـ لأنه برع وكان من ألمع الكيميائيين الفيزيائيين المعاصرين، وله بحوث وضعته في الصَّف الأول من العاملين بالدراسات الطيفية.

ومن الممكن أن تؤدي دراساته في مجال الطاقة الضوئية إلى نتائج عملية مفيدة للإنسان في مجال الاستفادة من الطاقة الشمسية.

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

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

الشكل 5-2 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه حيزًا ضيقًا جدًّا. وكلما زادت الطاقة والتردد، قل الطول الموجي.



موقع واجباتي

موقع واجباتي

مثال 1-2

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

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 $c = \lambda f$؛ حيث قيمة c معروفة وثابتة. لذا قم أولاً بحل المعادلة للحصول على الطول الموجي، ثم عوض القيم المعروفة لحسابه.

المعطيات

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

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

المطلوب

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

2 حساب المطلوب

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

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

$$c = \lambda f$$

حل لإيجاد λ

$$\lambda = c / f$$

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

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

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

اقسم الأرقام والوحدات

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

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

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 **2-5**.

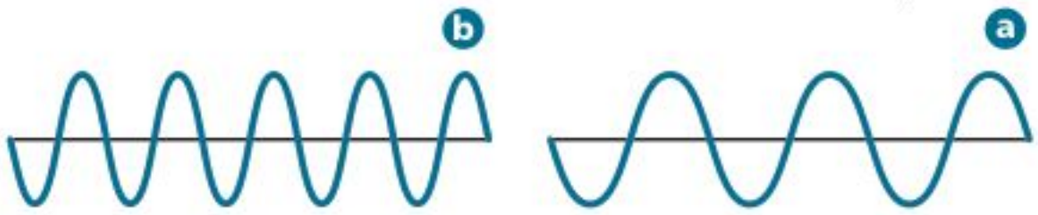
مسائل تدريبية

64. 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؟

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

66. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^2\ \text{Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟

67. **تحفيز:** تذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz ، في حين تذيع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

موقع واجباتي

64. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالا 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؟

$$c = \lambda v$$

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

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

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

$$c = \lambda v$$

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

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

66. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^{2}\ \text{Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟

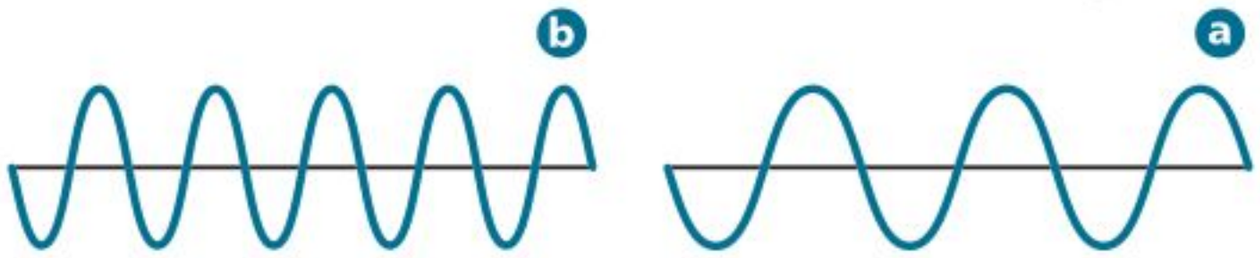
$$3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}$$

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

موقع واجباتي

موقع واجباتي

67. تحفيز: تذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz ، في حين تذيع محطة AM بتردد مقداره 820 KHz. ما الطول الموجي لكل من المحطتين؟ أي الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيها يعود إلى محطة AM؟



محطة FM:

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

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

موجات FM يمثّلها الرسم b

محطة AM:

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

$$\lambda = \frac{(3.00 \times 10^8 \text{ m/}\cancel{s})}{(8.20 \times 10^5 \ \cancel{s}^{-1})} = 366 \text{ m}$$

المحطة التي ترددها 820 kHz لها طول موجة أكبر.

موجات AM يمثّلها الرسم a

موقع واجباتي

موقع واجباتي

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 ضوءًا عند تسخينها، انظر **الشكل 6–2** 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 أنَّ درجة حرارة الجسم مقياس لطاقة حركة الجسيمات المكونة له. فكلما سخن الحديد أصبحت طاقته أكبر، ويبعث ألوانًا 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؟ **فسّر** لماذا يتغير لون الأجسام الساخنة تبعًا لدرجة حرارتها؟

درجة حرارة الجسم هي مقياس معدل الطاقة الحركية للجسيمات، وكلما أصبح الجسم أسخن بعث ضوءا بتردد أعلى ينتج عنه ألوان مختلفة

أدت الخبرة السابقة بالعلماء إلى الاعتقاد أنه يمكن أن تُمتص الطاقة أو تُبعث في كميات متغيرة وباستمرار دون حد أدنى لهذه الكمية. فعلى سبيل المثال، فكِّر 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 جزيئاتها كمًّا محددًا من الطاقة. ولأن عملية ازدياد درجة الحرارة تحدث تدريجيًّا ببطء لذا تبدو الزيادة في درجة الحرارة وكأنها مستمرة بدلاً من حدوثها على دفعات صغيرة.

الشكل 6–2 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.

فسّر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة

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

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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

اقترح بلانك أن الطاقة المنبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّاة، ثم أثبت رياضيًّا وجود علاقة بين طاقة الكم وتردد الإشعاع المنبعث.

طاقة الكم

$$E_{quantum} = h f$$

حيث E طاقة الكم

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

ثابت بلانك يساوي 6.626×10^{-34} J.s حيث J رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردده f.

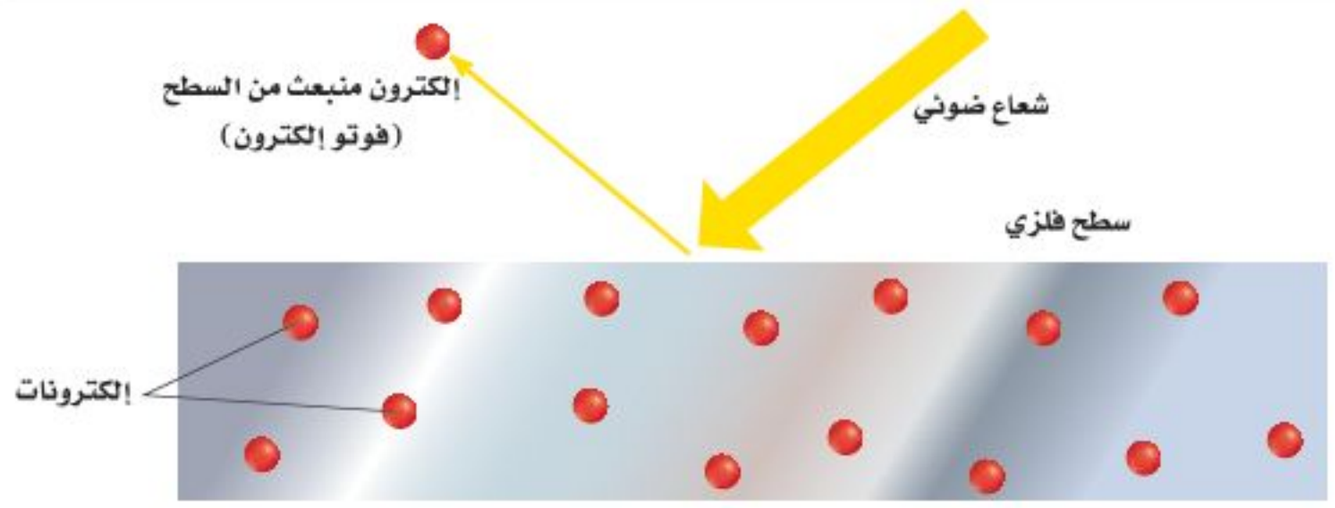
واعتمادًا على نظرية بلانك لكل تردد معين، فإن المادة تشع أو تمتص طاقة بمضاعفات صحيحة لقيم hf، مثل $1hf$، $2hf$، $3hf$ وما إلى ذلك. وتشبه هذه العملية بناء طفل لجدار من المكعبات الخشبية. إذ يستطيع الطفل أن يزيد أو ينقص من ارتفاع الجدار، بوضع أو إزالة عدد من المكعبات. وبالمثل تمتلك المادة مقادير محددة وثابتة من طاقة الكم – لا يوجد بينها كميات أخرى من الطاقة.

التأثير الكهروضوئي توصّل العلماء إلى أن النموذج الموجي للضوء لم يكن قادرًا على تفسير الظاهرة المسماة بالتأثير الكهروضوئي.

وفي **التأثير الكهروضوئي**، تنبعث الإلكترونات المسماة الفوتوإلكترونات من سطح الفلز عندما يسقط عليه ضوء بتردد مساوٍ لتردد الفوتون، أو أعلى منه، على سطح الفلز، كما في **الشكل 7–2**. ويتنبأ النموذج الموجي، أنه حتى الضوء المنخفض الطاقة، والمنخفض التردد سوف يتراكم ويوفر الطاقة اللازمة لإطلاق الفوتوإلكترونات من فلز ما مع مرور الوقت. وفي الحقيقة، لن يطلق الفلز الفوتوإلكترونات إذا كان الضوء الساقط عليه ذا تردد أقل من التردد اللازم لإطلاق الفوتوإلكترون. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للضوء الأقل ترددًا من 1.14×10^{15} Hz إطلاق الفوتو إلكترونات من فلز الفضة مهما كانت شدته أو زمن تأثيره. إلا أن الضوء الباهت الذي تردده يساوي 1.14×10^{15} Hz أو أكبر من ذلك يطلق الفوتوإلكترونات من فلز الفضة.

ماذا قرأت؟ **صف** التأثير الكهروضوئي.

التأثير الكهروضوئي ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح المعادن في وجود الضوء حين يكون تردده مساوياً او أعلى من قيمة معينة.



الشكل 7–2 يحدث التأثير الكهروضوئي عندما يصطدم ضوء بتردد معين بسطح فلز فيطلق إلكترونات. وعندما تزداد شدة الضوء يزداد عدد الإلكترونات المنبعثة. وعندما يزيد تردد (طاقة) الضوء، تزيد طاقة الإلكترونات المنبعثة.

الكيمياء في واقع الحياة

الطاقة الشمسية

الخلايا الكهروضوئية تستعمل الخلايا الكهروضوئية التأثير الكهروضوئي في تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

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. و**الفوتون** جُسيم لا كتلة له يحمل كمًّا من الطاقة. واستكمالاً لفكرة بلانك عن طاقة الكم، وجد أينشتاين أن طاقة الفوتون تعتمد على تردده.

طاقة الفوتون

$$E_{photon} = h f$$

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

f التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

وكما اقترح أينشتاين أيضًا أنّ لكل فوتون حدًّا معينًّا 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 2-2

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 $7.230 \times 10^{14}\ s^{-1}$؟

1 تحليل المسألة

المعطيات

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

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

المطلوب

$E_{photon} = ?\ J$

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

$$E_{photon} = h f$$

عوض $f = 7.230 \times 10^{14}\ s^{-1}$ ، و $h = 6.626 \times 10^{-34}\ J.s$

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

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسمها

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

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

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

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

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

70. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخَّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريبًا، يشع لونًا أزرق ذا طول موجي $4.50 \times 10^{2}\ nm$. ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

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

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

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34} J.\cancel{s}\,)\,(6.32 \times 10^{-20} \cancel{s^{-1}}\,)$$
$$E_{photon} = 4.19 \times 10^{-13} J$$

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

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34} J.\cancel{s}\,)\,(9.50 \times 10^{13} \cancel{s^{-1}}\,)$$
$$E_{photon} = 6.29 \times 10^{-20} J$$

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

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34} J.\cancel{s}\,)\,(1.05 \times 10^{16} \cancel{s^{-1}}\,)$$
$$E_{photon} = 6.96 \times 10^{-18} J$$

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

$$E_{photon} = h\frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626 \times 10^{-34} J.\cancel{s}\,)\,(3.00 \times 10^{8} \cancel{m}.\cancel{s^{-1}}\,)}{(1.25 \times 10^{-1} \cancel{m}\,)}$$
$$= 1.59 \times 10^{-24} J$$

70. تحفيز. يدخل مركب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخَّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريبًا، يشع لونًا أزرق ذا طول موجي 4.50×10^{2} nm. ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

$$E_{photon} = h\frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626 \times 10^{-34} J.\cancel{s}\,)\,(3.00 \times 10^{8} \cancel{m}.\cancel{s^{-1}}\,)}{(4.50 \times 10^{-9} \cancel{m}\,)}$$
$$= 4.42 \times 10^{-17} J$$

موقع واجباتي

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 مدًى متصلاً من الألوان، كما هو الحال في الطيف المرئي للضوء الأبيض.

ماذا قرأت؟ وضح كيف ينتج طيف الانبعاث؟

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.

لكل عنصر طيف انبعاث ذري فريد ومميز يستخدم لتعرّف العنصر أو تحديد ما إذا كان ذلك العنصر جزءًا من مركب. فعلى سبيل المثال، عندما يغمس سلك بلاتين في محلول نترات الاسترانشيوم ويعرض على لهب بنزن، تبعث ذرات الاسترونشيوم لونًا أحمر مميزًا. ويمكنك إجراء اختبار لون اللهب هذا على مجموعة من العناصر في المختبر.

يوضح **الشكل 8–2** التوهج الأرجواني – الزهري المميز الناتج عن تهيج ذرات الهيدروجين، والذي ينتج عند مروره بمنشور خطوط الطيف الأربعة المميزة لعنصر الهيدروجين. لاحظ اختلاف الطبيعة الخطية لطيف انبعاث الهيدروجين الذري عن طبيعة الطيف المستمر.

الربط مع علم الفلك طيف الانبعاث الذري مميز للعنصر، ويمكن استخدامه لتعرف ذلك العنصر. وإن حقيقة ظهور ألوان معينة فقط في طيف الانبعاث الذري للعنصر [illegible]

تجربة

تحديد ماهية المركبات

كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

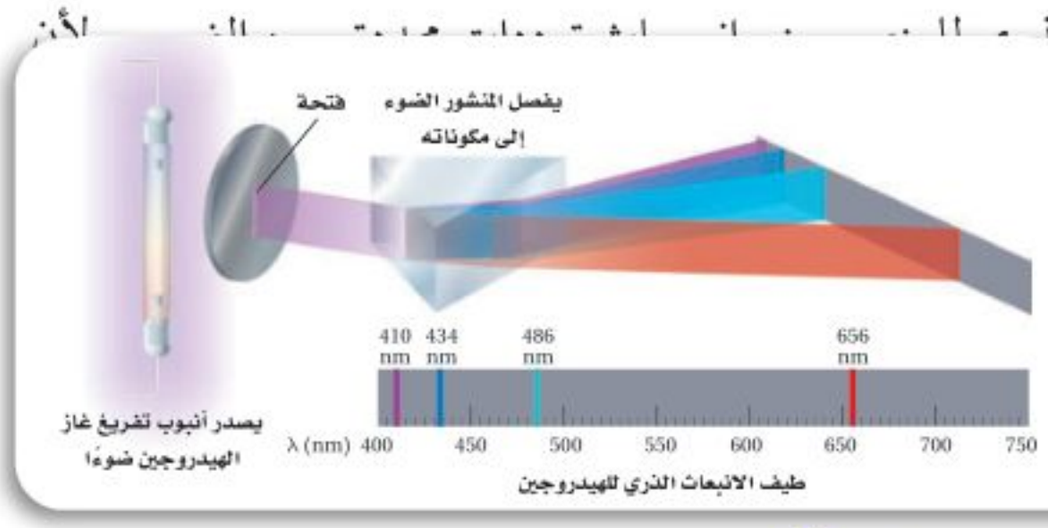
خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اغمس سلك بلاتين أو أحد أعواد تنظيف الأذن القطنية (بعد مسكه بالملقط) الستة في محلول **كلوريد الليثيوم**، ثم عرضه للهب بنزن، ولاحظ لون اللهب، وسجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
3. كرر الخطوة 2 مستخدمًا محاليل الفلزات الآتية: **كلوريد الصوديوم**، **كلوريد البوتاسيوم**، **كلوريد الكالسيوم**، **كلوريد الاسترانشيوم**، وسجل لون كل لهب في جدول البيانات.
4. قارن نتائج اختبار لون اللهب بما في كتيب العناصر في نهاية الكتاب.
5. كرر الخطوة 2 مستخدمًا 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 لونًا مختلفًا للهب بنزن على الرغم من احتوائها جميعًا على الكلوريد.
8. **وضح** كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟
9. **استنتج** هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.

الاجابة في الصفحة التالية



الشكل 8–2 يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال موجية مختلفة.

حدّد أي خط له أعلى طاقة؟

الخط الذي طول موجته 410 nm له أعلى طاقة

موقع واجباتي

موقع واجباتي

التحليل

7. **اقترح** سبب إعطاء كل مركب لونًا مختلفًا للهب بنزن على الرغم من احتوائها جميعًا على الكلوريد.

تنتج الألوان عن انتقال إلكترونات ذرات الفلز والألوان من خصائص الليثيوم و الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والإسترانشيوم حسب التجربة.

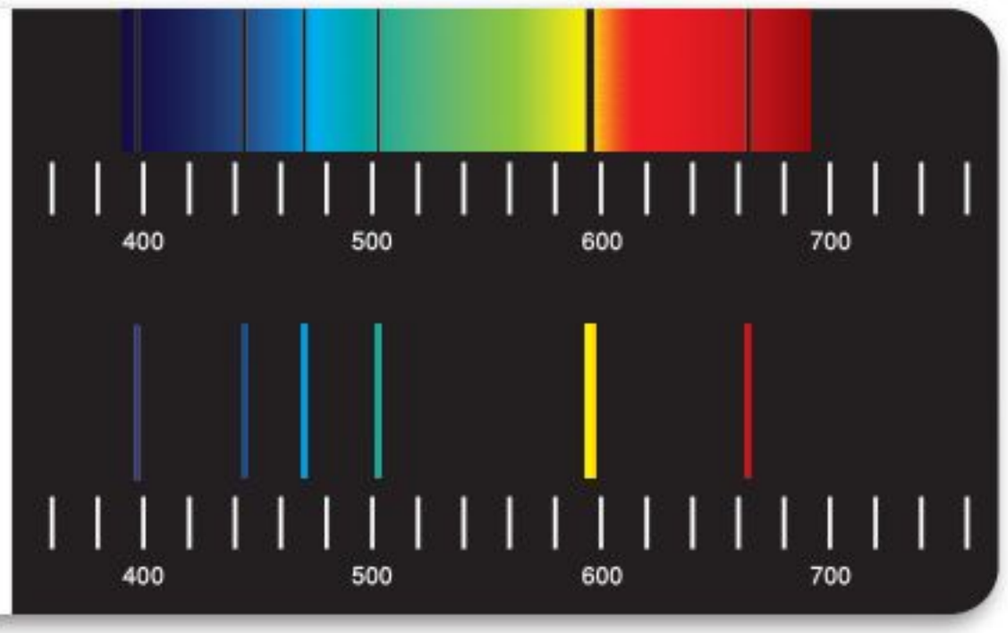
8. **وضح** كيف يرتبط اختبار لون لهب العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟

تتألف الألوان من الطيف المرئي لكل عنصر

9. **استنتج** هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.

موقع واجباتي

موقع واجباتي



الشكل 9–2 الطيف الأول: طيف امتصاص، 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 المبين أسفل طيف الامتصاص.

هذه الترددات المنبعثة مرتبطة مع الطاقة وفقًا للمعادلة $E_{photon} = hf$ ، لذا تنبعث الفوتوإلكترونات 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 9–2**. وعند مقارنة الخطوط السوداء بطيف الانبعاث الخاص بالعناصر يستطيع العلماء أن يحددوا تركيب الطبقات الخارجية للنجوم.

تجربة عملية

اختبار اللهب

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

التقويم 2-1

الخلاصة

- 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 بكمّات محددة.
- ينتج الضوء الأبيض طيفًا مستمرًّا. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملوّنة ومنفصلة.

8. **الفكرة الرئيسة** **قارن** بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
9. **صف** الظاهرة التي يمكن أن تُفسَّر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
10. **قارن** بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
11. **قوّم** 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. **تفسير الرسوم العلمية**. استعن **بالشكل 5–2** وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

1. أطول طول موجي	**a**. إشعاع جاما
2. أعلى تردد	**b**. موجة تحت الحمراء
3. أعلى طاقة	**c**. موجات الراديو

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

موقع واجباتي

التقويم 1-2

8. الفكرة الرئيسة 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 تُفسَّر بواسطة 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.

يُظهِر الطيف المستمر (المتصل) ألوان الأطوال الموجية جميعها، أمّا طيف الانبعاث فيُظهِر الأطوال الموجية لعنصر محدَّد.

11. قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.

الكمّ هو أقلّ كمية من الطاقة يمكن أن تفقدها أو تكسبها الذرة؛ لذا تفقد المادة أو تكتسب طاقة بمضاعفات الكمّ فقط.

12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.

اقترح أينشتاين أن الإشعاع الكهرومغناطيسي له طبيعة مادية –موجيّة، حيث تعتمد طاقة الكمّ أو الفوتون على تردد الإشعاع، ويُعبر عن طاقة الفوتون بالمعادلة التالية: $E_{photon} = h\nu$ ؛ لذا فإن الفوتونات التي لها طاقة أكبر من طاقة الإفلات تسبب انبعاث الفوتو إلكترون.

موقع واجباتي

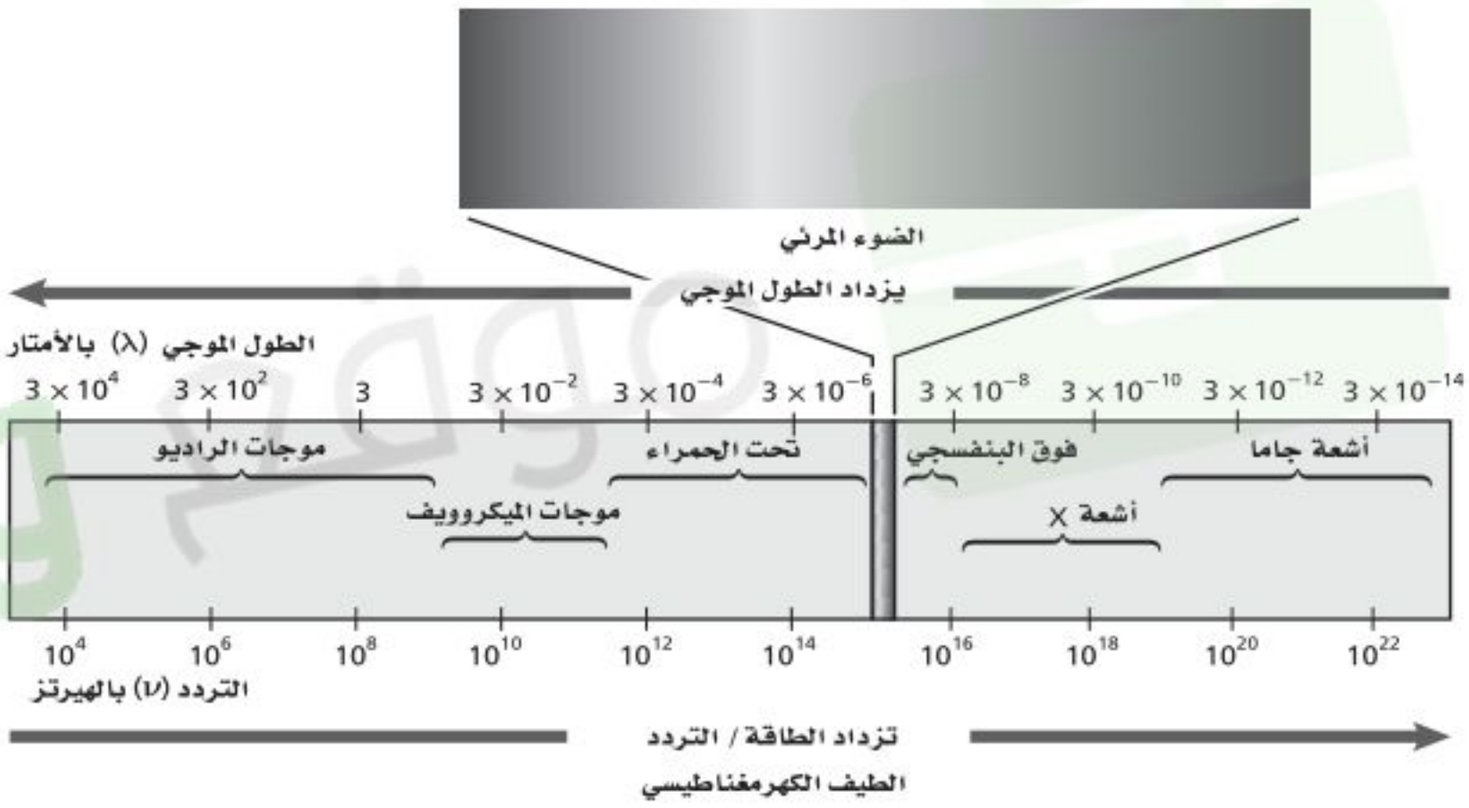
موقع واجباتي

13. تفسير الرسوم العلمية. استعن **بالشكل 5–2** وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

1. أطول طول موجي
2. أعلى تردد
3. أعلى طاقة

a. إشعاع جاما
b. موجة تحت الحمراء
c. موجات الراديو

الشكل 5–1 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه حيّزًا ضيقًا جدًّا. وكلما زادت الطاقة والتردد قلّ الطول الموجي.



1. c

2. a

3. a

موقع واجباتي

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–2

نظرية الكم والذرة

Quantum Theory and the Atom

الأهداف

- **تقارن** بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.
- **توضح** تأثير كلٍّ من الطبيعة الموجية – الجسيمية لِدِي برولي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة.
- **تعرّف** العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة 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

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

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

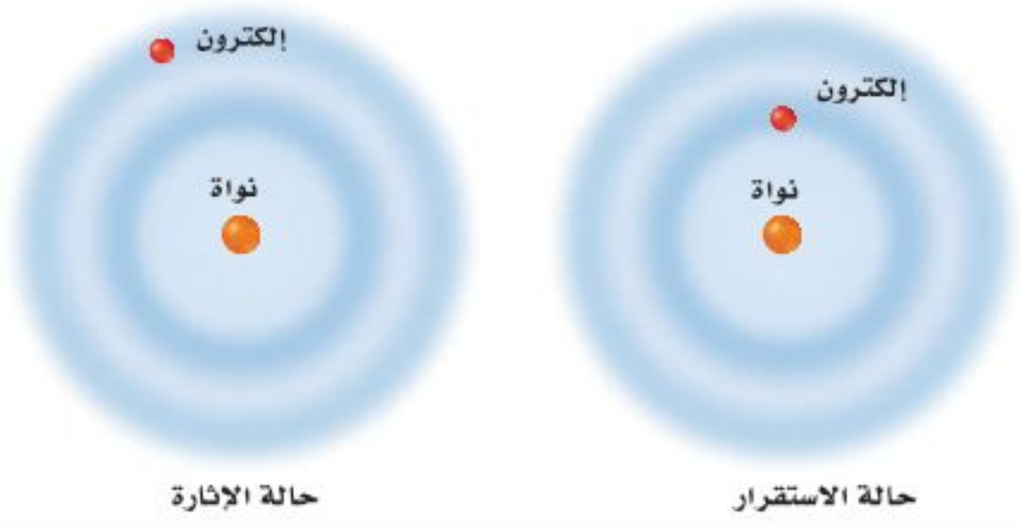
نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

فسَّر نموذج الطبيعة الموجية – الجسيمية للضوء العديدَ من الظواهر المتخصصة، ولكن بقي العلماء غير قادرين على فهم العلاقات بين البناء الذري، والإلكترونات، وطيف الانبعاث الذري. تذكر مما سبق أن طيف الانبعاث الذري للهيدروجين منفصلٌ؛ أي يتكون من ترددات محددة من الضوء. لماذا يكون طيف الانبعاث الذري للعناصر منفصلًا 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 طاقةٍ **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 **10–2** يوضح أفكار العالم بور.

الشكل 10–2 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.



موقع واجباتي

موقع واجباتي

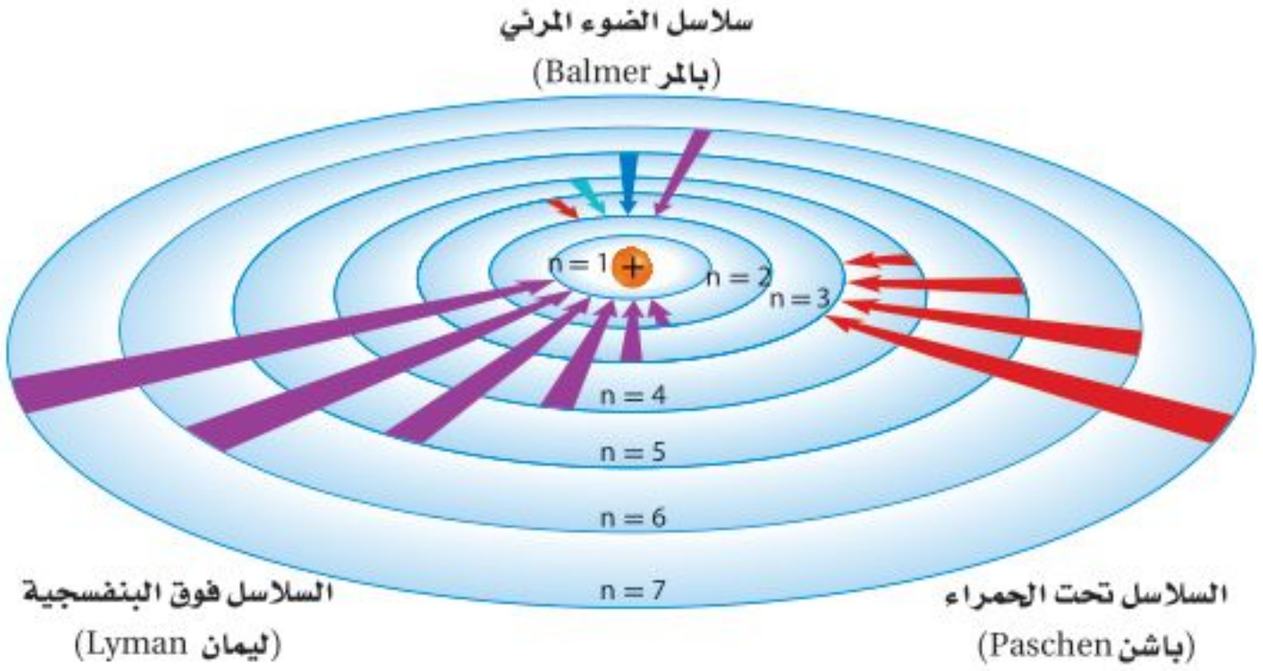
الجدول 1-2 وصف بور لذرة الهيدروجين

مدار بور الذري	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 nm ، ونصف قطر المدار الثاني n=2 مساويًا 0.212 nm، ويلخص **الجدول 1-2** 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 11-2**. 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.

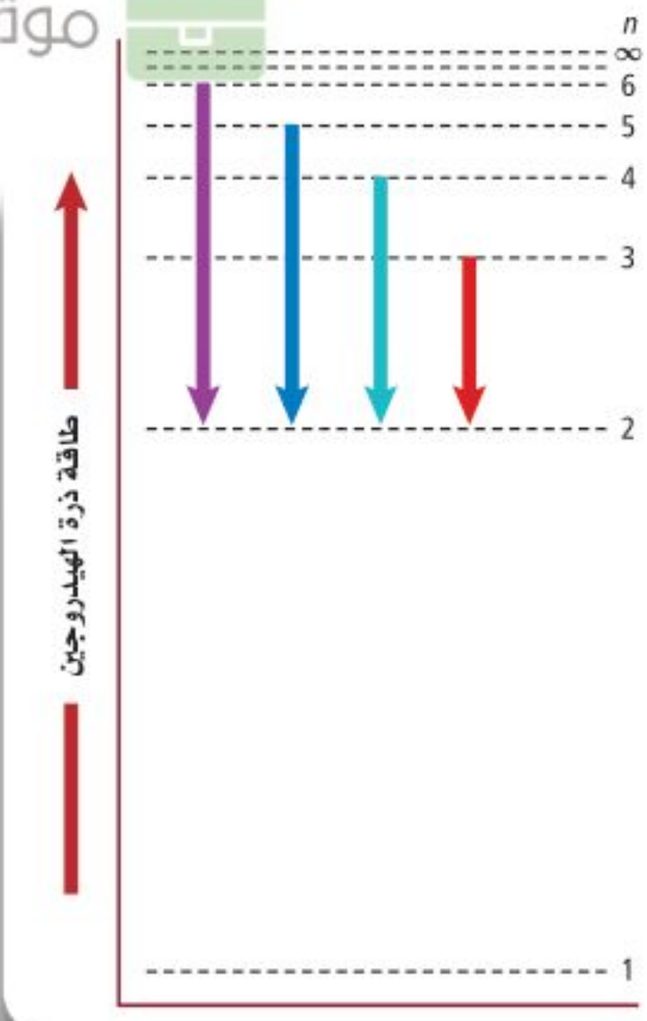
فرق الطاقة = طاقة المستوى الأعلى – طاقة المستوى الأدنى = طاقة الفوتون $= hf$



الشكل 11-2 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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي



الشكل 12–2 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 تُمتص كميات معينة من الطاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

يوضح **الشكل 12–2** أن مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين لا يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية، وذلك بخلاف درجات السلم. كما يوضح هذا الشكل أيضًا 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 $n=3$.

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

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.

حدود نموذج بور فسّر 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 تُفهم حركة الإلكترونات في الذرات بصورة تامة حتى الآن، وهناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائرية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
The Quantum Mechanical Model of the Atom

اقتنـــع 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 الدراســات العليا في الفيزياء – اسمه لوي دي برولي De Broglie (1892 –1987 م)– فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

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

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

$\lambda = h/m.v$

λ تمثل طول الموجة — m تمثل كتلة الجسيمات

h ثابت بلانك — v تمثل السرعة

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

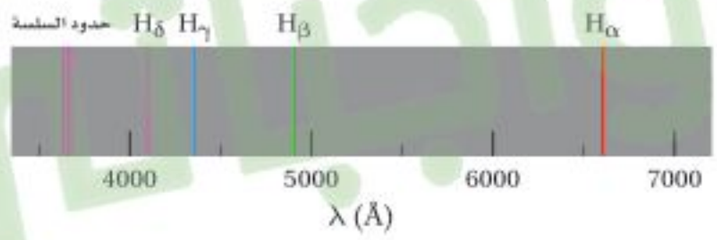
تجربة عملية

نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية



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

توضــح الصورة عـلى الجهـة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسـلـة بالمــر للهـــيدروجين. وتُسـمى هـذه الخـطـوط H_α (6562 Å)، H_β (4861 Å)، H_γ (4340 Å)، H_δ (4101 Å)، وكل طول موجة (λ) مرتبط مـــع انتقـال إلكـترون ضمن ذرة الهيدروجين من خــلال المعادلة الآتية التي يمثــل فيها القيمة:

$1.09678 \times 10^7\ m^{-1}$ ثابت ريدبرج.

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

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

التفكير الناقد

1. **احسـب** الطــول الموجي لانتقــال 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** بــين الطول الموجي في سلســلة بالمر، والتي حسبتها في السؤال1، والقيم المحسوبة تجريبيًّا. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضّح إجابتك. واحد إنجستروم (A°) يساوي $10^{-10}\ m$.

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

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

موقع واجباتي

مختبر حل المشكلات

التفكير الناقد

1. احسب الطــول الموجي لانتقــال الإلكترون بين المدارات:

a. $n_i = 3$ ؛ $n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{n_f^{2}} - \frac{1}{n_i^{2}}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{3^{2}}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.152331\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$

$$\lambda = 6.565\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

b. $n_i = 4$ ؛ $n = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{4^{2}}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.205646\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$

$$\lambda = 4.863\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

c. $n_i = 5$ ؛ $n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{5^{2}}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.230324\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$

$$\lambda = 4.342\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

d. $n_i = 6$ ؛ $n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{6^{2}}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0.243729\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$

$$\lambda = 4.103\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

موقع واجباتي

2. **اربط** بين الطول الموجي في سلسلة بالمر، والتي حسبتها في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبيًّا. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضّح إجابتك. واحد إنجستروم (A°) يساوي $10^{-10}\ m$.

انتقالات مجموعات بالمر في نموذج بور				
رقم المدار النهائي	القيمة التجريبيّة للطول الموجي	القيمة المحسوبة للطول الموجي	نسبة الخطأ %	التعليق
3	$6.562 \times 10^{-7}\ m = 6562\ Å$	$6.565 \times 10^{-7}\ m = 6565\ Å$	$-0.0404\ \%$	قيم الطول الموجي المحسوب تطابق قيم الطول الموجي التجريبيّ
4	$4.861 \times 10^{-7}\ m = 4861\ Å$	$4.863 \times 10^{-7}\ m = 4863\ Å$	$-0.0356\ \%$	
5	$4.340 \times 10^{-7}\ m = 4340\ Å$	$4.342 \times 10^{-7}\ m = 4342\ Å$	$-0.0394\ \%$	
6	$4.101 \times 10^{-7}\ m = 4101\ Å$	$4.103 \times 10^{-7}\ m = 4103\ Å$	$-0.0468\ \%$	

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

a.

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

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

$$= 3.027 \times 10^{-19}\ J$$

b.

$$\lambda_\beta = 4861\ Å \times (1m / 10^{10}\ Å) = 4.861 \times 10^{-7} m$$

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

$$= 4.087 \times 10^{-19}\ J$$

c.

$$\lambda_\gamma = 4340\ Å \times (1m / 10^{10}\ Å) = 4.340 \times 10^{-7} m$$

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

$$= 4.577 \times 10^{-19}\ J$$

d.

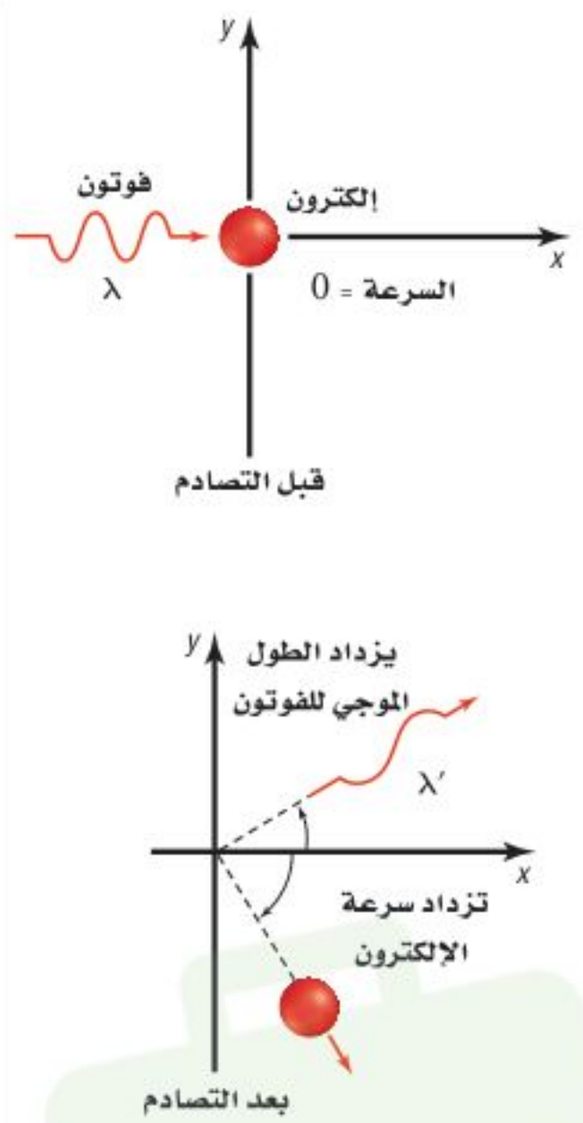
$$\lambda_\delta = 4101\ Å \times (1m / 10^{10}\ Å) = 4.101 \times 10^{-7} m$$

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

$$= 4.844 \times 10^{-19}\ J$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي



الشكل 13–2 عندما يصطدم فوتون مع إلكترون ساكن تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا يوضح مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

فسر لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

مبدأ هايزنبرج للشك كشف العلماء – ومنهم رذرفورد Rutherford وبور ودي برولي – خفايا الذرة بالتدريج. 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 أيضًا أن تحدد مكان البالون بإضاءة مصباح يدوي. وباستخدام هذه الطريقة تنعكس فوتونات الضوء من البالون وتصل إلى عينيك محدِّدةً مكان البالون.

ولأن البالون جسم كبير نسبيًّا، لذا يكون تأثير الفوتونات المنعكس عنه على موقعه صغيرًا جدًّا 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 كلًّا من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون وسرعته المتجهة، كما في **الشكل 13–2**، 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 جسيم ومكانه في الوقت نفسه بدقة.

ماذا قرأت؟ وضّح مبدأ هايزنبرج للشك.

ينص مبدأ هايزنبرج على أنه لا يمكن معرفة سرعة الجسم ومكانه في الوقت نفسه على نحو دقيق نقلت بعض الطاقة إلى الإلكترون.

وعلى الرغم من أن العلماء قد وجدوا مبدأ هايزنبرج في تلك الحقبة صعب القبول، إلا أنه أثبت أنه يصف المحدِّدات الأساسية لما يمكن ملاحظته؛ فتأثير تصادم الفوتون بالجسم الكبير – مثل البالون المليء بالهيليوم – قليل، بحيث إن الشك في موقعه أصغر من أن يقاس. ولكن هذه الحالة لا تشبه إلكترونًا يتحرك بسرعة $6\times10^{6}\ m/s$ قرب النواة. فعدم التحديد أو الشك في مكان الإلكترون هو على الأقل $10^{-9}m$، وهذا أكبر 10 مرات تقريبًا من قطر الذرة.

ويعني مبدأ هايزنبرج للشك أيضًا 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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

معادلة شرودنجر الموجية في عام 1926م تابع الفيزيائي النمساوي إيروين 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 جيدًا 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.

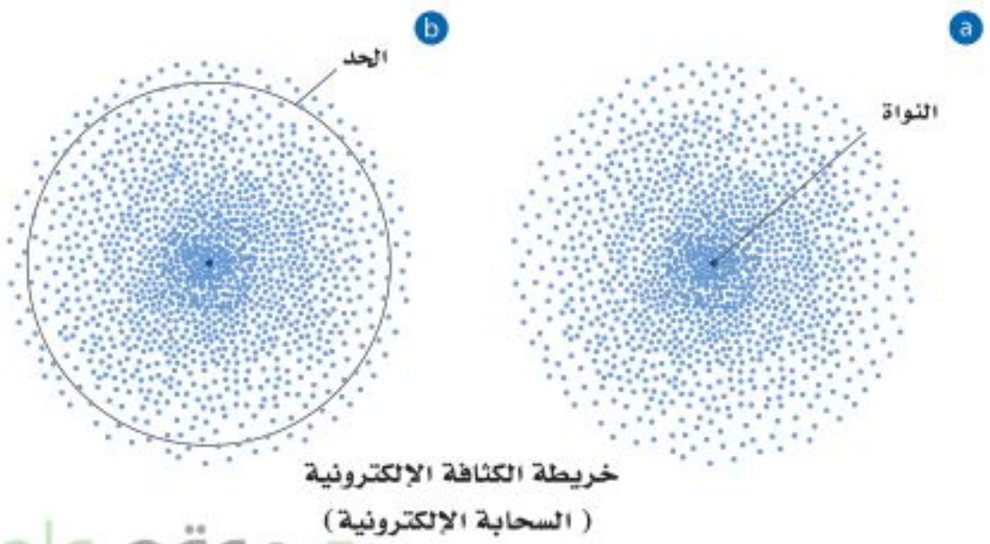
يحدد كلا النموذجين طاقة الإلكترون بقيم معينة وبخلاف نموذج بور، لا يقدم نموذج الكم وصفا لمسار الإلكترون حول النواة.

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

موقع الإلكترون المحتمل تتنبأ 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 14a–2** 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 احتمالًا كبيرًا لوجود الإلكترون في هذا الموقع. إلا أنه – بسبب عدم وجود حدود ثابتة للسحابة – من الممكن أيضًا أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

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

توجد الإلكترونات حول النواة في مواقع توصف فقط بخريطة احتمالات، ويتم اختيار حدود لاحتواء المنطقة التي يتوقع أن يوجد ضمنها الإلكترون 90% من الوقت



الشكل 14–2 تمثل خريطة الكثافة احتمال وجود إلكترون في موقع معين حول النواة.
a. تظهر الكثافة العالية للنقاط قرب النواة أن احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جدًّا.
b. يحتمل وجود الإلكترون بنسبة 90% ضمن المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة. وأحيانًا يتم اعتبار هذه المنطقة تمثيلاً لحدود الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطًا ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.

موقع واجباتي

موقع واجباتك

مستويات ذرة الهيدروجين Hydrogen's Atomic Orbitals

لأن حدود المستوى غير واضحة فليس للمستوى حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المؤكد في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحًا 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 قريبًا من النواة وضمن الحجم المعرف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في **الشكل 14b–2** تمثل 90% من مستوى الهيدروجين الأقل طاقة.

عدد الكم الرئيس 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 الرئيس** (n)، الذي يشير إلى الحجم النسبي وطاقة المستويات؛ إذ كلما ازدادت قيمة n زاد حجم المستوى، لذا يقضي الإلكترون وقتًا أكبر بعيدًا عن النواة، وتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد n مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل منها **بمستوى الطاقة الرئيس**. وقد أُعطي 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، أُعطيت أعدادًا (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 15–2**. فكلما ارتفعت إلى أعلى تحتوي الصفوف على مقاعد أكثر. وكذلك يتزايد عدد المستويات الثانوية للطاقة في مستوى الطاقة الرئيس عندما تزداد قيمة n.

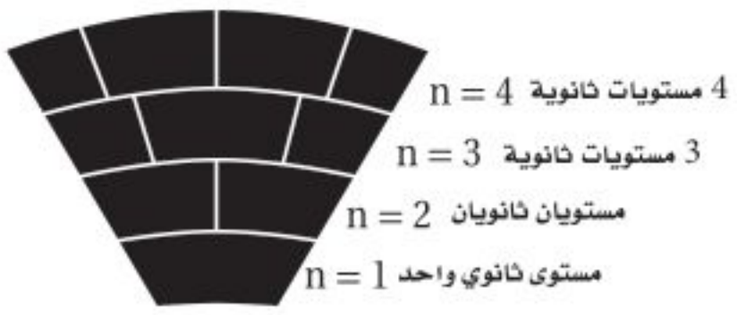
الجدول 2-2 مستويات الطاقة الرئيسة

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

الجدول 2-3 مستويات الطاقة الثانوية

عدد الإلكترونات التي يستوعبها	المستوى الثانوي
2	S
6	p
10	d
14	f

الشكل 15–2 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.



موقع واجباتك

موقع واجباتي

ماذا قرأت؟ **وضح** العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الثانوية.

يزداد عدد المستويات الفرعية للطاقة المستوى الرئيس للطاقة كلما ازدادت قيمة n

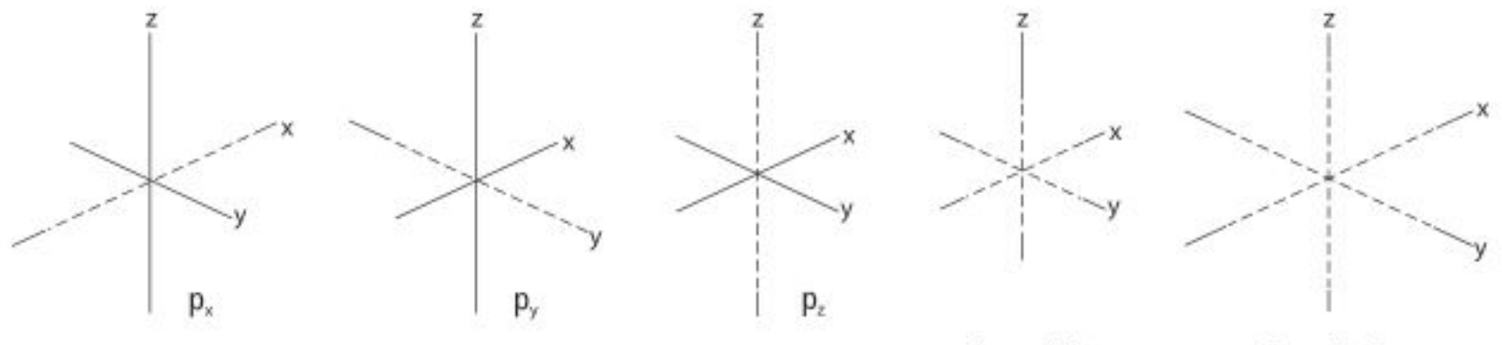
أشكال المستويات الفرعية تسمى المستويات الثانوية s، p، d، f حسب أشكال المستويات الفرعية. فمستويات s جميعها كروية الشكل، والمستويات p جميعها تتكون من فصين، أما مستويات d و f فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل مستوى على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كرويًّا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

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

ماذا قرأت؟ **صف** أشكال المستويين s و p.

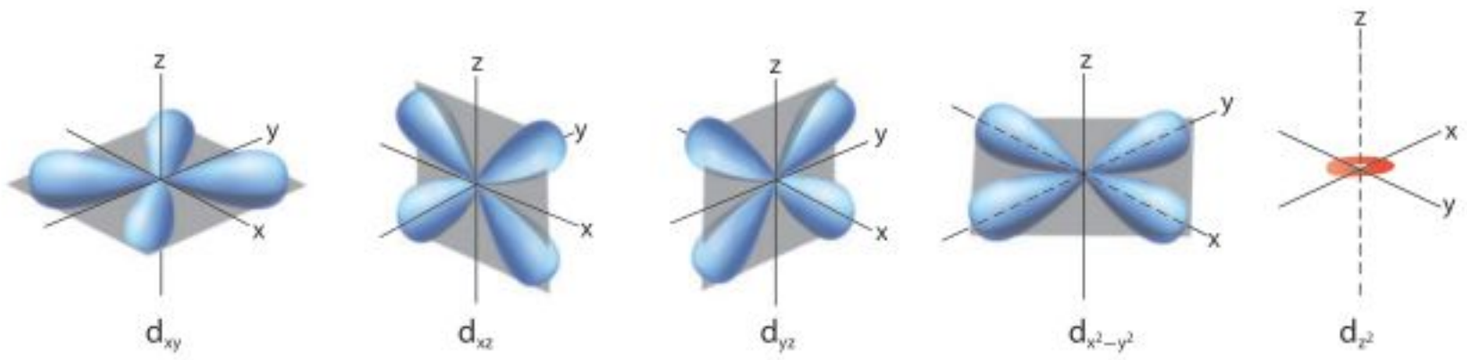
مستويات s كروية ، أما مستويات p الثلاثة فلها أشكال فصية موجهة نحو المحاور x، y، z.

الشكل 2-16 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 فصية 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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الجدول 4-2 مستويات الطاقة الأربعة الأولى للهيدروجين			
عدد الكم الرئيس (n)	أنواع المستويات الثانوية الموجودة	عدد المستويات الفرعية في المستويات الثانوية	مجموع المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس (n^2)
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: 3s، 3p، 3d، 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_{z^2} له شكل واتجاه يختلفان عن المستويات الفرعية الأربعة السابقة. وأشكال مستويات d الفرعية واتجاهاتها موضحة في **الشكل 16c-2**. 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 الفصوص.

يلخص **الجدول 4-2** مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الثانوية والمستويات الفرعية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد المستويات الفرعية في كل مستوى ثانوي دائمًا عدد فردي، وأن أكبر عدد للمستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس يساوي n^2.

ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت مستويًا فرعيًّا واحدًا فقط. وتستطيع أن تعدّ المستويات الفرعية الأخرى مساحات شاغرة، أيْ 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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

التقويم 2-2

15. الفكرة الرئيسة فسّر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء، حسب نموذج بور الذري؟

لأن طاقة الذرات محدَّدة؛ لذا تنبعث ترددات معيَّنة فقط من الإشعاع الصادر عن الذرة.

16. **عدّد** 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 وp، مستوى الطاقة الثالث s وp وd، مستوى الطاقة الرابع s و pو dوf.

كلّ مستوى من s يتعلق بمستوى كروي s. كلّ مستوى فرعي من p يتعلق بثلاثة مستويات في صورة عصا رفع الأثقال (p_z, p_y, p_x).

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

كلّ مستوى من s يحتوي على مستوى كروي (s)، وكلّ مستوى ثانوي من p يحتوي على ثلاثة مستويات فرعية (p_z, p_y, p_x).

موقع واجباتي

موقع واجباتي

التقويم 2-2

18. فسر لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة. مستخدمًا مبدأ هايزنبرج للشك والطبيعة الموجية – الجسيمية؟ وكيف يُعرف موقع الإلكترونات في الذرات؟

للإلكترون خواص الموجة – الجسيم، وليس له موقع محدَّد في الفضاء. وينصّ مبدأ هايزنبرج للشكّ على أنه من المستحيل أن نعرف بدقة كلاً من السرعة وموقع الجسيم في الوقت نفسه. فعملية الرؤية تعني التفاعل مع الفوتون ممّا يؤدي إلى عدم معرفة المكان وحالة الحركة؛ لذا يُعرَف مكان الإلكترون بالتوزيع المحتمل.

19. احسب مستعينًا بالمعلومات في **الجدول 1-2**، كم مرة يساوي نصفُ قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول، حسب نظرية بور؟

نصف القطر = 2 59 nm $n = 7$

نصف القطر = 0 0529 nm $n = 1$

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

20. قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمي للذرة.

نموذج بور: يُعدّ الإلكترون جسيمًا؛ ولذرة الهيدروجين حالات طاقة معيَّنة مسموح بها. ولكنه لم يفسِّر السلوك الكيميائي للذرات.

النموذج الميكانيكي الكمِّي: للإلكترون خواص موجية جسيمية، وطاقة الإلكترون و تردده وطوله الموجي، كل ذلك محدَّد بقيم معيَّنة، كما أنه لم يفترض أيّ افتراضات بخصوص مسار الإلكترون حول النواة.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2–3

التوزيع الإلكتروني
Electron Configuration

الأهداف

- **تطبق** مبدأ باولي ومبدأ أوفباو (البناء التصاعدي) وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.
- **توضح** المقصود بإلكترونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ في الذرة.

مراجعة المفردات

الإلكترون: جُسيم ذو كتلة صغيرة جدًّا، سالب الشحنة، موجود في كل أشكال المادة، ويتحرك بسرعة في الفراغ المحيط بنواة الذرة.

المفردات الجديدة

التوزيع الإلكتروني

مبدأ أوفباو (البناء التصاعدي)

مبدأ باولي

قاعدة هوند

إلكترونات التكافؤ

التمثيل النقطي للإلكترونات

الفكرة الرئيسة **يُحدَّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدم ثلاث قواعد.**

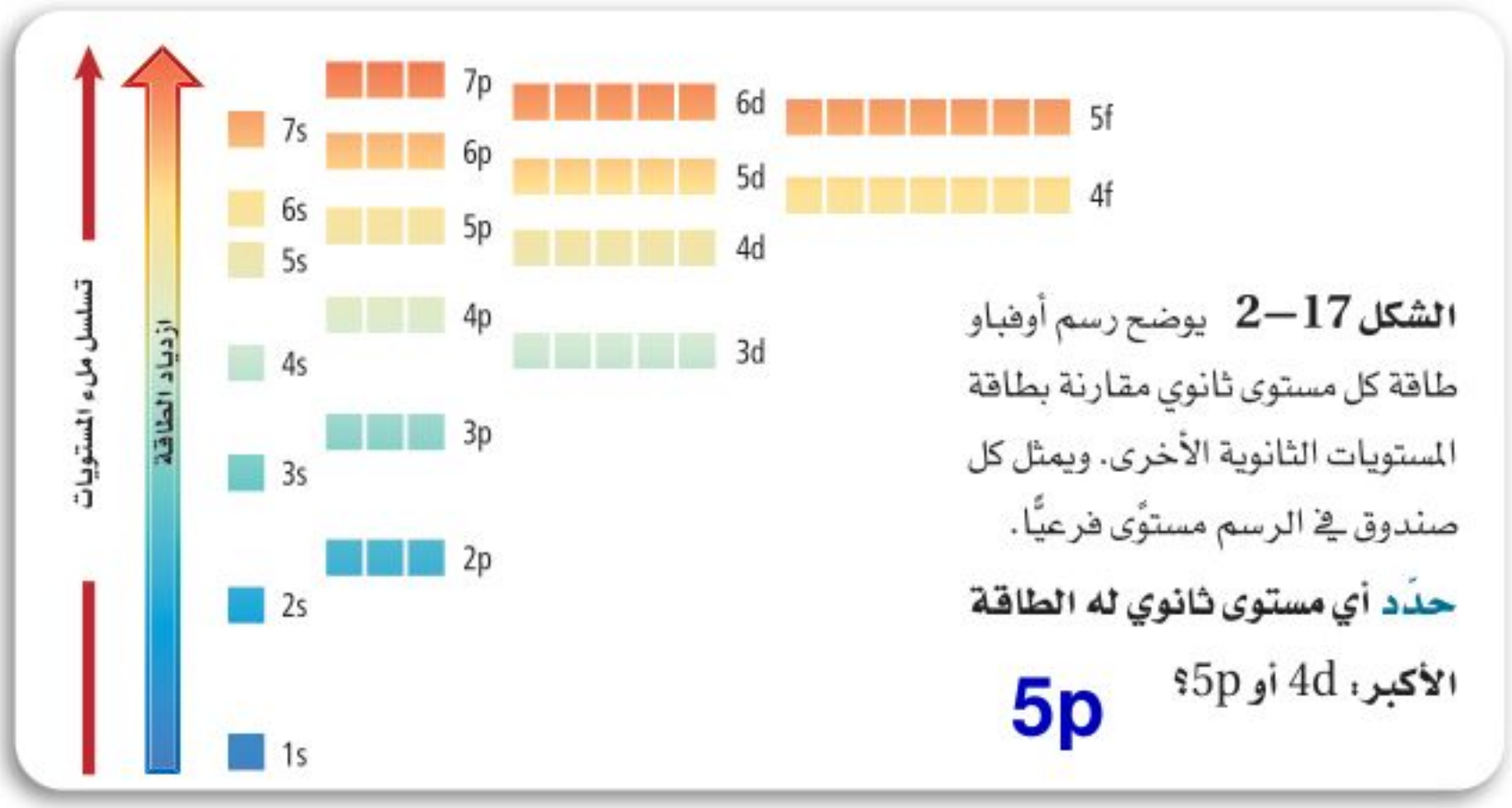
الربط مع الحياة عندما يصعد الطلاب إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغَل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ مستويات الطاقة بالطريقة نفسها.

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 طاقاتها. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في **الشكل 17–2**، حيث يمثل كل صندوق في الشكل مستوًى فرعيًّا.



الشكل 17–2 يوضح رسم أوفباو طاقة كل مستوى ثانوي مقارنة بطاقة المستويات الثانوية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم مستوًى فرعيًّا.

حدِّد أي مستوى ثانوي له الطاقة الأكبر: 4d أو 5p؟

5p

موقع واجباتي

موقع واجباتك

الجدول 5-2 خواص رسم أوفباو

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 s، p، d، f	فإذا كان n =4 فسيكون التسلسل لمستويات الطاقةالثانوية 4s، 4p، 4d، 4f.
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 5-2** عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ 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 يهيئ أو يرتب.

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 ↑ دوران الإلكترون في اتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل ↓ دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ □ مستويًا فرعيًّا شاغرًا، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى ↑ مستويًا فرعيًّا بإلكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهمين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل ↑↓ مستويًا فرعيًّا ممتلئًا.

المطويات

أدخل معلومات من هذا القسم في مطويتك.

وينص مبدأ باولي على أن عدد إلكترونات المستوى الفرعي الواحد لا يزيد عن إلكترونين ويدور كل منهما حول نفسه باتجاه معاكس للآخر. واقترح الفيزيائي النمساوي باولي Pauli (1900 – 1958م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثَّل المستوى الفرعي الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس بـ ↑↓ . 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، تُملأ مستويات 2p الفرعية الثلاثة بإلكترونات منفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول ستة إلكترونات في مستويات p الفرعية.

1. ↑ □ □ 2. ↑ ↑ □ 3. ↑ ↑ ↑

4. ↑↓ ↑ ↑ 5. ↑↓ ↑↓ ↑ 6. ↑↓ ↑↓ ↑↓

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

ينص مبدأ أوفباو على أن كل إلكترون يشغل مستوى الطاقة الأدنى المتوافر.

وينص مبدأ باولي على أنه يمكن أن يشغل إلكترونان، على الأكثر، مستوى فرعيا واحدا.

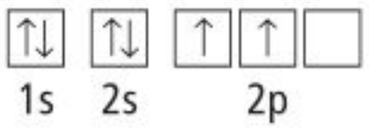
وينص مبدأ هوند على أن الإلكترونات التي لها اتجاه الدوران نفسه تملأ المستويات المتساوية الطاقة أولاً ، ثم تضاف الإلكترونات الأخر التي يكون اتجاه دورانها معاكسا

موقع واجباتي

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 يُعَنوَن 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:

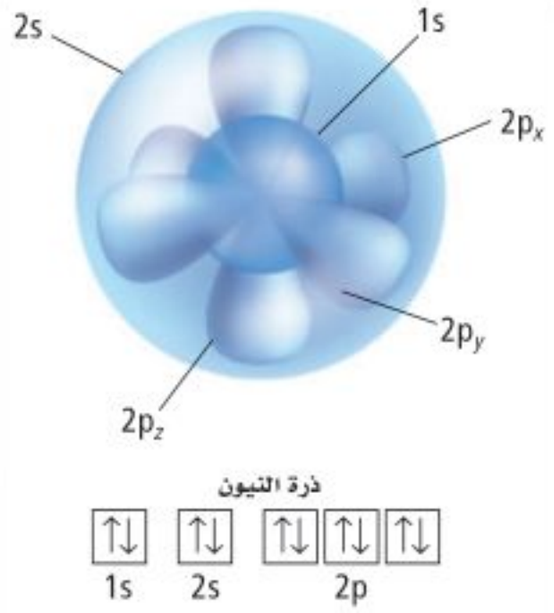


الترميز الإلكتروني يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الثانوية المرتبطة مع كل المستويات الفرعية في الذرة، ويتضمن أسًّا يمثل عدد الإلكترونات في المستوى. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة في صورة $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$.

ويوضح **الشكل 18-2** كيفية تداخل مستويات $1s\ 2s\ 2p_x\ 2p_y\ 2p_z$ لذرة النيون.

ويبين **الجدول 6-2** رسم مربعات المستويات والترميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر.

وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى المستويات 1s 2s 2p، ويدخل الإلكترون



الشكل 18-2 تداخل مستويات 1s، 2s، 2p لذرة النيون.

حدد كم إلكترونًا في ذرة النيون؟

10

الجدول 6-2 **الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات للعناصر من 1 إلى 10**

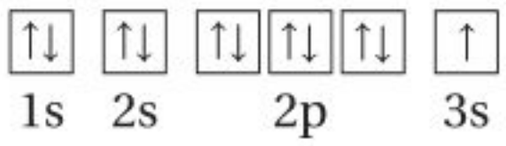
العنصر / رمزه	العدد الذري	رسم مربعات المستويات	الترميز الإلكتروني
الهيدروجين H	1	↑	$1s^1$
الهيليوم He	2	↑↓	$1s^2$
الليثيوم Li	3	↑↓ ↑	$1s^2\ 2s^1$
البيريليوم Be	4	↑↓ ↑↓	$1s^2\ 2s^2$
البورون B	5	↑↓ ↑↓ ↑	$1s^2\ 2s^2\ 2p^1$
الكربون C	6	↑↓ ↑↓ ↑ ↑	$1s^2\ 2s^2\ 2p^2$
النيتروجين N	7	↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑	$1s^2\ 2s^2\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

موقع واجباتي

موقع واجباتي

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

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



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 والصوديوم أعلاه. ولاحظ أن التوزيع الإلكتروني للمستويات الداخلية للصوديوم مماثل للتوزيع الإلكتروني للنيون. ويمكن أن تختصر التوزيع الإلكتروني للصوديوم باستخدام ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي $[Ne]\ 3s^1$. ويوضح **الجدول 7-2** 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؟

يتم استخدام الأقواس المربعة عند كتابة الترميز لتدل على توزيع إلكتروني مستقر لعنصر نبيل، ثم استكمال بقية التوزيع الإلكتروني للعنصر؛ $Ca: [Ar]\ 4s^2$

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

الدورة

الاستخدام العلمي: صفٌّ 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.

الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18

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

موقع واجباتي

موقع واجباتي

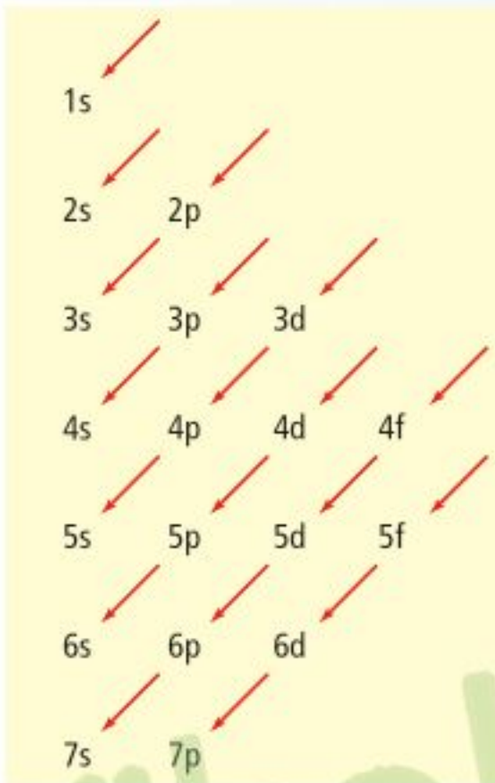
استثناءات التوزيع الإلكتروني يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا للعناصر التي تبدأ من الفاناديوم ذي العدد الذري 23 وما بعده. ولكن إذا استمرت في توزيع الإلكترونات بالطريقة نفسها فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^4$ وللنحاس سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^9$ وهما غير صحيحتين. أما التوزيع الإلكتروني الصحيح للكروم $[Ar]\ 4s^1\ 3d^5$، 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، علمًا 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.



ترتيب ملء المستويات بالإلكترونات

طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.

مسائل تدريبية

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br
b. الإسترانشيوم Sr
c. الأنتيمون Sb
d. الرينيوم Re
e. التيربيوم Tb
f. 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 التكافو 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.

الاجابة في الصفحة التالية

موقع واجباتي

موقع واجباتي

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br — $[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^5$

b. الإسترانشيوم Sr — $[KR]5s^2$

c. الأنتيمون Sb — $[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^3$

d. الرينيوم Re — $[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^5$

e. التيربيوم Tb — $[Xe]6s^2 4f^9$

f. التيتانيوم Ti — $[Ar]4s^2 3d^2$

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 التكافو السبعة؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

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.

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؟

لذرة الكبريت التوزيع الإلكتروني $[Ne]3s^2 3p^4$ لذا توجد 6 إلكترونات في المستويات الثانوية في مستوى الطاقة الثالث لذرة 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؟

الإنديوم

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.

$[Xe]6s^2$، الباريوم

موقع واجباتي

موقع واجباتي

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:

$$S: [Ne]\, 3s^2\, 3p^4$$

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

$$Cs: [Xe]\, 6s^1$$

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 تُمثِّل 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 تُمثل 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 8–2** التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الجدول 8-2 **الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات**

العنصر/رمزه	العدد الذري	الترميز الإلكتروني	التمثيل النقطي للإلكترونات
الليثيوم Li	3	$1s^2\, 2s^1$	$Li\cdot$
البيريليوم Be	4	$1s^2\, 2s^2$	$\cdot Be\cdot$
البورون B	5	$1s^2\, 2s^2\, 2p^1$	$\cdot\dot{B}\cdot$
الكربون C	6	$1s^2\, 2s^2\, 2p^2$	$\cdot\dot{C}\cdot$
النيتروجين N	7	$1s^2\, 2s^2\, 2p^3$	$\cdot\ddot{N}\cdot$
الأكسجين O	8	$1s^2\, 2s^2\, 2p^4$	$:\ddot{O}\cdot$
الفلور F	9	$1s^2\, 2s^2\, 2p^5$	$:\ddot{F}\cdot$
النيون Ne	10	$1s^2\, 2s^2\, 2p^6$	$:\ddot{Ne}:$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

مثال 3-2

التمثيل النقطي للإلكترونات تحتوي بعض معاجين الأسنان على فلوريد القصديروز، وهو مركب من القصدير والفلور. ما التمثيل النقطي لإلكترونات 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

العدد الذري للقصدير 50، لذا تحتوي ذرة القصدير على 50 إلكترونًا.

$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^2$

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

ارسم أربعة إلكترونات حول رمز القصدير الكيميائي Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير ·Sn·

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريبية

26. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات العناصر الآتية:

a. الماغنسيوم Mg ·Mg·

b. الثاليوم Tl ·Tl·

c. الزينون Xe :Xe:

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

الألومنيوم؛ 3 إلكترونات.

28. تحفيز يحتمل 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 ·X·؟

الهيليوم He

موقع واجباتي

موقع واجباتي

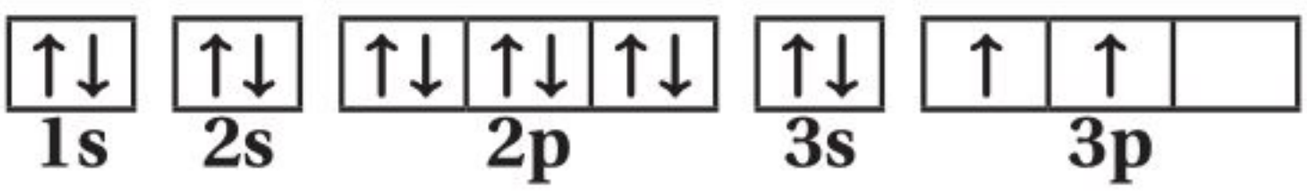
التقويم 2-3

29. الفكرة الرئيسة **طبّق** مبدأ بـــاولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هونـــد، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:

a. السليكون Si **b.** الفلور F **c.** الكالسيوم Ca **d.** الكربتون Kr.

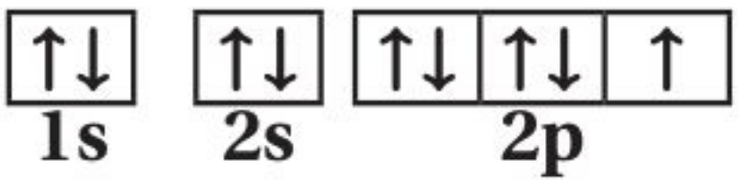
a. السليكون Si

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



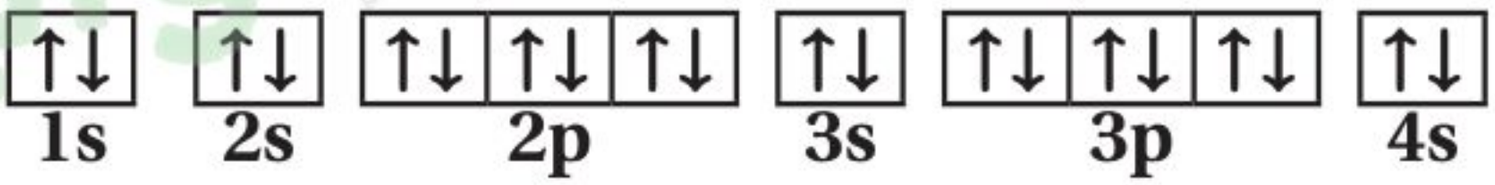
b. الفلورF

F: $1s^2 2s^2 2p^5$



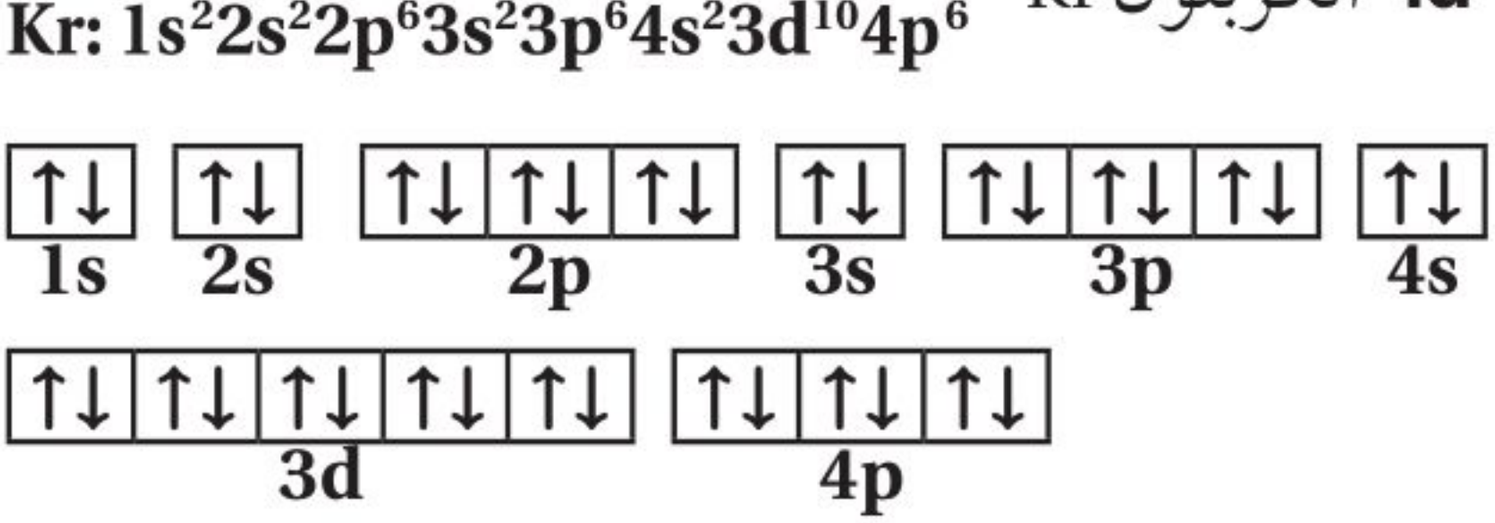
c. الكالسيوم Ca

Ca: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$



d. الكربتون Kr

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



30. **عرّف** إلكترونات التكافؤ.

إلكترونات المستوى الخارجي للذرة.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

التقويم 3-2

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

تشغل الإلكترونات المفردة في اتجاه الدوران نفسه المستويات المتساوية الطاقة قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس المستوياتِ نفسها. ويوضِّح الجدول التالي هذه العملية.

الإلكترون 1	↑				
الإلكترون 2	↑	↑			
الإلكترون 3	↑	↑	↑		
الإلكترون 4	↑	↑	↑	↑	
الإلكترون 5	↑	↑	↑	↑	↑
الإلكترون 6	↑↓	↑	↑	↑	↑
الإلكترون 7	↑↓	↑↓	↑	↑	↑
الإلكترون 8	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑
الإلكترون 9	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
الإلكترون 10	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

موقع واجباتي

موقع واجباتي

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.

يجب أن يحتوي هذا العنصر على عدد من الإلكترونات يزيد على عدد إلكترونات عنصر الرادون Rn الذي يحتوي على 86 إلكترونًا ليملأ:

مدار 7s واحد (إلكترونين)

سبعة مدارات 5f (14 إلكترونًا)

خمسة مدارات 6d (10 إلكترونات)

ثلاثة مدارات 7p (6 إلكترونات)

ممّا يجعل العدد الكليّ للإلكترونات 118

وتوزيعه الإلكتروني: $[Rn]7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6$

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

a. ·Se: **b.** ·Se· **c.** ·Se· **d.** ·S·

الجواب الصحيح C؛ حيث يُظهِر الخيار a ثلاثة مستويات تحتوي على إلكترونين. أمّا B فيُظهِر مستوى واحدًا يحتوي على 3 إلكترونات. في حين يُظهِر d رمزًا غير صحيح.

موقع واجباتي

الكيمياء والصحة

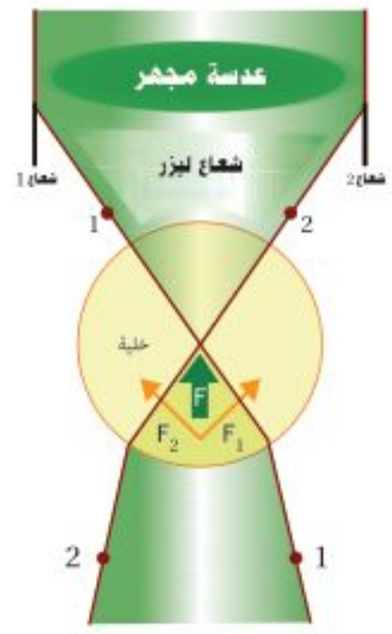
ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستعمال ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تتكون هذه الملاقط من حزمتي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جدًّا، ومنها الخلايا والذرات المفردة.

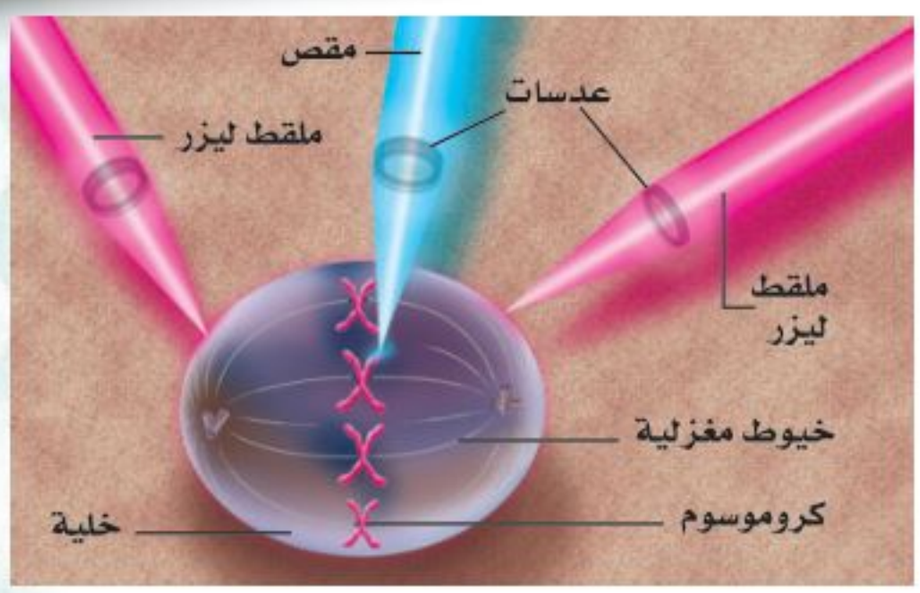
ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

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 جدًّا لا تؤثر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح أمكنها عندئذٍ 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.



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

الليزر والسرطان أين يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنيبيبات 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 ملاقط الليزر بعد ذلك لتحريك القطع داخل الخلية وحول الخيوط المغزلية، كما في **الشكل 2**. وبمعرفة القوة التي تمسك بها الملاقط 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.

الكتابة في الكيمياء

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

موقع واجباتي

موقع واجباتي

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

2-1 الضوء وطاقة الكم

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

المفردات

- السعة
- ثابت بلانك
- طيف الانبعاث الذري
- طول الموجة
- الإشعاع الكهرومغناطيسي
- الطيف الكهرومغناطيسي
- التردد
- التأثير الكهروضوئي
- الفوتون
- الكم

المفاهيم الرئيسة

- تعرّف الموجات بأطوالها الموجية و ترددتها و سعاتها وسرعاتها.

$$c = \lambda f$$

- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة الضوء.
- للموجات الكهرومغناطيسية صفات كلٌّ من الموجة والجُسيم.
- تمتص المادة الطاقة وتبعثها بمقدار يُعرف بالكم.

$$E_{\text{الكم}} = hf$$

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

2-2 نظرية الكم والذرة

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

المفردات

- حالة الاستقرار
- مستوى الطاقة الفرعي
- العدد الكمي
- مبدأ هايزنبرج للشك
- العدد الكَمي الرئيس
- النموذج الميكانيكي الكمي للذرة
- مستوى الطاقة الرئيس
- مستوى الطاقة الثانوي

المفاهيم الرئيسة

- يربط نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بانتقال الإلكترونات من مستويات طاقة عليا إلى مستويات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجسيم مع كتلتها وسرعتها وثابت بلانك.

$$\lambda = h / mv$$

- يفترض النموذج الميكانيكي الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى المستويات الفرعية.

2-3 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يحدّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستخدام ثلاث قواعد.

المفردات

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

المفاهيم الرئيسة

- يُسمّى 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، والترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

موقع واجباتي

2-1

إتقان المفاهيم

34. عرّف المصطلحات الآتية:

a. التردد

عدد الموجات التي تمرّ بنقطة معيَّنة في الثانية الواحدة.

b. الطول الموجي

أقصر مسافة بين النقاط المتساوية على موجة متصلة.

c. الكمّ

أقلّ كمية من الطاقة يمكن أن تحصل عليها الذرة أو تفقدها.

d. الحالة المستقرة

هي الحالة التي يكون فيها الإلكترون عند أقلّ طاقة ممكنة.

35. رتب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعديًّا حسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي
b. الميكروويف
c. موجات الراديو
d. الأشعة السينية

d ثُمّ a ثُمّ b ثُمّ c

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

هذا يعني أن $2\,88 \times 10^{21}$ موجة من أشعّة جاما تعبر نقطة معيَّنة في الثانية الواحدة.

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

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

38. **مصباح النيون** كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح نيون عن ضوء الشمس؟

يتكوّن ضوء موجات النيون من ألوان مرئيّة معيَّنة، في حين يتكوّن ضوء الشمس من طيف الألوان كاملة.

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

تستطيع المادة بحسب مبدأ بلانك، وعند تردد معين ν، إطلاق الطاقة أو امتصاصها بكميات منفصلة فقط، وتُسمّى الكمّ، وهي مضاعفات أرقام كاملة من $h\nu$.

40. كيف وضح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

اقترح أن يكون للفوتونات قيم دنيا أو حدٌّ معيَّن، حتى تؤدي إلى إطلاق الفوتوإلكترون.

41. **قوس المطر** اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

للموجات الحمراء طول موجة أطول من موجات الضوء الأخضر، وتردد أقلّ.

موقع واجباتي

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن ومشع كلما ازدادت درجة حرارته؟

يتغير لون الضوء كلّما حصل الجسم على طاقة أكبر.

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

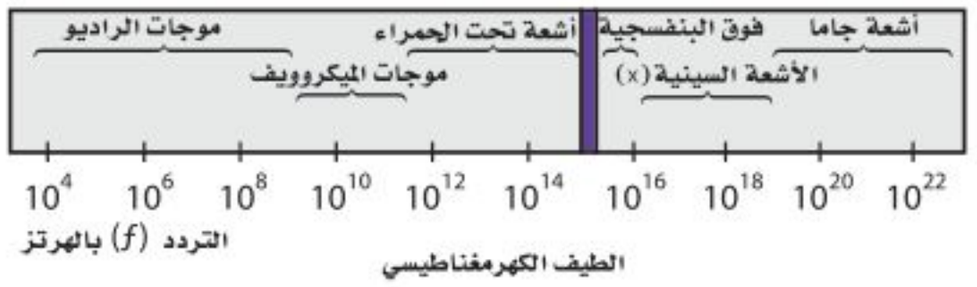
لا يوضِّح نموذج الموجة التأثير الكهروضوئي، ولا يوضِّح طيف الانبعاث الذري، ولا يوضح لماذا تبعث المادة ترددات مختلفة للضوء عند درجات حرارة مختلفة.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟ وكيف تختلف؟

ينتقل كلا النوعين من الموجات بالسرعة نفسها في الفراغ $3.00\times10^8\ m/s$. وكلاهما لا يُرى بالعين المجردة ويسببان إطلاق طاقة من المادة عند اصطدامه بها. وموجات الراديو لها طول موجة أطول، وتردد أقلّ من الموجات فوق البنفسجية.

موقع واجباتي

إتقان حل المسائل



الشكل 19–2

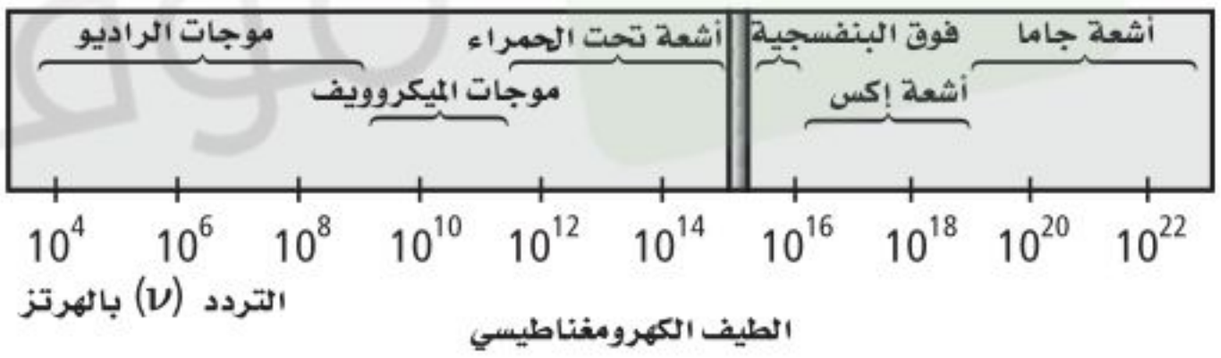
45. الإشعاع استخدم **الشكل 19–2** لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.

a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11}\ s^{-1}$

b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm

c. إشعاع بتردد 5.6 MHz

d. إشعاع ينتقل بسرعة 3.00×10^8 m /s



الشكل 19–1

a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11} s^{-1}$

تحت الحمراء.

b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm

الأشعّة السينية.

c. إشعاع بتردد 5.6 MHz

راديو AM.

d. إشعاع ينتقل بسرعة 3.00×10^{8m} /s

أيّ موجة كهرومغناطيسية.

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

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

الأشعّة تحت الحمراء.

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

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

الأشعّة فوق البنفسجية.

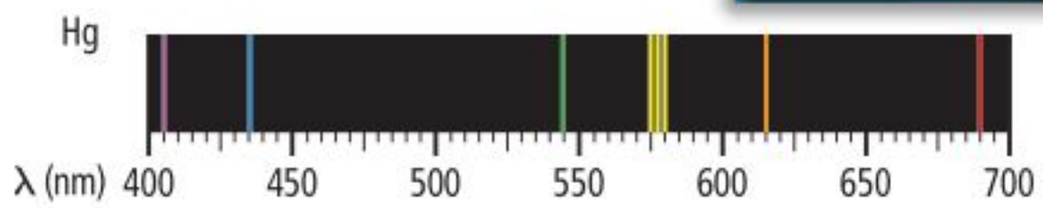
48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها 1.33×10^{17} Hz وطول موجتها 2.25 nm ؟

$$c = \lambda v = (2.25 \times 10^{-9} m)(1.33 \times 10^{17} s^{-1})$$
$$c = 3.00 \times 10^8 m/s$$

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده 4.48×10^{14} Hz؟

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

موقع واجباتي



الشكل 20-2

50. **الزئبق** يظهر في الشـــكل **20-2** طيف الانبعاث الذري للزئبق. قدّر الطـــول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\lambda = 615\ \text{nm} = 6.15\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(6.15\times10^{-7}\ \text{m})} = 4.88\times10^{14}\ \text{s}^{-1}$$

$$E_{photon} = hv = (6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\,(4.88\times10^{14}\ \text{s}^{-1})$$
$$= 3.23\times10^{-19}\ \text{J}$$

51. ما طاقة الفوتون فوق البنفســـجي الـــذي طول موجته $1.18\times10^{-8}\ \text{m}$؟

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.18\times10^{-8}\ \text{m})} = 2.54\times10^{16}\ \text{s}^{-1}$$

$$E_{photon} = hv = (6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\,(2.54\times10^{16}\ \text{s}^{-1})$$
$$= 1.68\times10^{-17}\ \text{J}$$

52. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $2.93\times10^{-25}\ \text{J}$، فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$= \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(2.93\times10^{-25}\ \text{J})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})} = 4.42\times10^{8}\ \text{s}^{-1}$$

موجة FM أو موجة TV.

53. فوتون يمتلك طاقة مقدارها $1.10\times10^{-13}\ \text{J}$، فما طـول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$v = \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(1.10\times10^{-13}\ \text{J})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})} = 1.66\times10^{20}\ \text{s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.66\times10^{20}\ \text{s}^{-1})} = 1.81\times10^{-12}\ \text{m}$$

الأشعّة السينية أو أشعّة جاما.

54. **السفينة الفضـائية** ما الوقت الذي تحتاج إليه إشارة الراديو من ســـفينة الفضاء فويجر حتى تصل الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض $2.72\times10^{9}\ \text{km}$؟

$$t = \frac{d}{c}\ ;\ d = (2.72\times10^{9}\ \text{km})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\text{km}}\right)$$

$$) = 2.72\times10^{12}\text{m}$$

$$t = \frac{d}{c} = \frac{(2.72\times10^{12}\ \text{m})}{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}$$

$$= 9070\ \text{s}\ \text{أو}\ 151\ \text{min}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

2 تقويم الفصل

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؟

$$\nu = (104.5\ \text{MHz})\ (\frac{10^6\ \text{Hz}}{1\text{MHz}}) = 1.045\times10^8\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00\times10^8\ \text{m/}\cancel{\text{s}})}{(1.045\times10^8\ \cancel{\text{s}^{-1}})} = 2.87\text{m}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626\times10^{-34}\ \text{J.}\cancel{\text{s}})\ (1.045\times10^8\ \cancel{\text{s}^{-1}})$$
$$= 6.92\times10^{-26}\ \text{J}$$

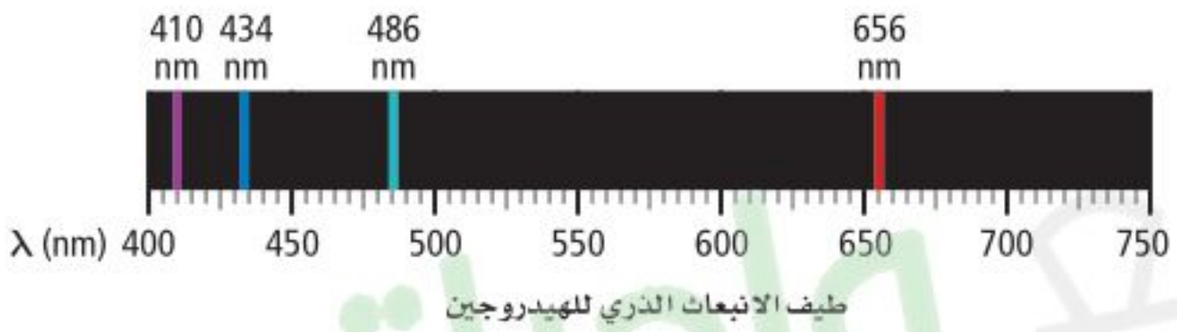
56. **بلاتين** ما أقل تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتوإلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقل إلى (9.08 $\times 10^{-19}$ J /photon)؟

$$\nu = \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(9.08\times10^{-19}\ \cancel{\text{J}})}{(6.626\times10^{-34}\ \cancel{\text{J}}.\text{s})}$$
$$= 1.37\times10^{15}\text{Hz}$$

57. **جراحة العين** يستخدم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين والذي يبعث إشعاعًا كهرومغناطيسيًا طول موجته 193.3 nm فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كمٍّ واحد من هذا الإشعاع؟

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^8\ \cancel{\text{m}}/\text{s})}{(1.933\times10^{-7}\ \cancel{\text{m}})} = 1.55\times10^{15}\ \text{s}^{-1}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626\times10^{-34}\ \text{J.}\cancel{\text{s}})\ (1.55\times10^{15}\ \cancel{\text{s}^{-1}})$$
$$= 1.03\times10^{-18}\ \text{J}$$



طيف الانبعاث الذري للهيدروجين

الشكل 21-2

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

لون الخط أزرق مخضرّ، وتردده $6.17\times10^{14}\ \text{s}^{-1}$.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^8\ \cancel{\text{m}}/\text{s})}{4.86\times10^{-7}\ \cancel{\text{m}})} = 6.17\times10^{14}\ \text{s}^{-1}$$

2-2 إتقان المفاهيم

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

تتحرك الإلكترونات في مستويات دائرية حول النواة.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

2 تقويم الفصل

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟

يحدِّد عدد الكمّ n مستوى الإلكترون.

61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟

حالة استقرار الذرة هي الحالة الأقل طاقة، في حين أنّ أيّ حالة طاقة أعلى من حالة الاستقرار تُعدّ 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 الكمّي للذرة، ويُعدّ العالم إيروين شرودنجر Schrodinger أول من كتب معادلات موجة الإلكترون.

63. ما المقصود بالمستوى الفرعي؟

منطقة ثلاثية الأبعاد تصف موقع الإلكترون المحتمل حول النواة.

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

يُمثِّل n عدد الكم الرئيس، ويُعبر عن الحجم النسبي وطاقة المستوى.

65. انتقال الإلكترون اعتمادًا على نموذج بور الموضح في الشكل 22-2 ما نوع انتقالات الإلكترون التي تنتج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

الشكل 22-2

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؟

لمستوى الطاقة الرئيس الأول مستوى ثانوي واحد، ولمستوى الطاقة الرئيس الثاني مستويان ثانويان، ولمستوى الطاقة الرئيس الثالث ثلاثة مستويات ثانوية، فيصبح المجموع عندئذٍ- ستة مستويات فرعية.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

2 تقويم الفصل

67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d؟

عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d خمسة مستويات،

68. ما وجه التشابه بين مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الثانوي؟

تتشابه في أشكالها.

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

xy، xz، yz ، $x^2 - y^2 - z^2$.

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

إلكترونان.

71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثانوي 2p.

تقع على طول محاور الإحداثيات x، وy، وz والمستويات الفرعية الثلاثة لـ p 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 الكمِّي أيّ وصف لمسارات الإلكترونات في الذرة.

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

لأنّه من الصعب تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات، وأنّ ما يمكن معرفته فقط هو المكان الذي يُحتمَل أنْ يكون فيه الإلكترون حول النواة.

موقع واجباتي

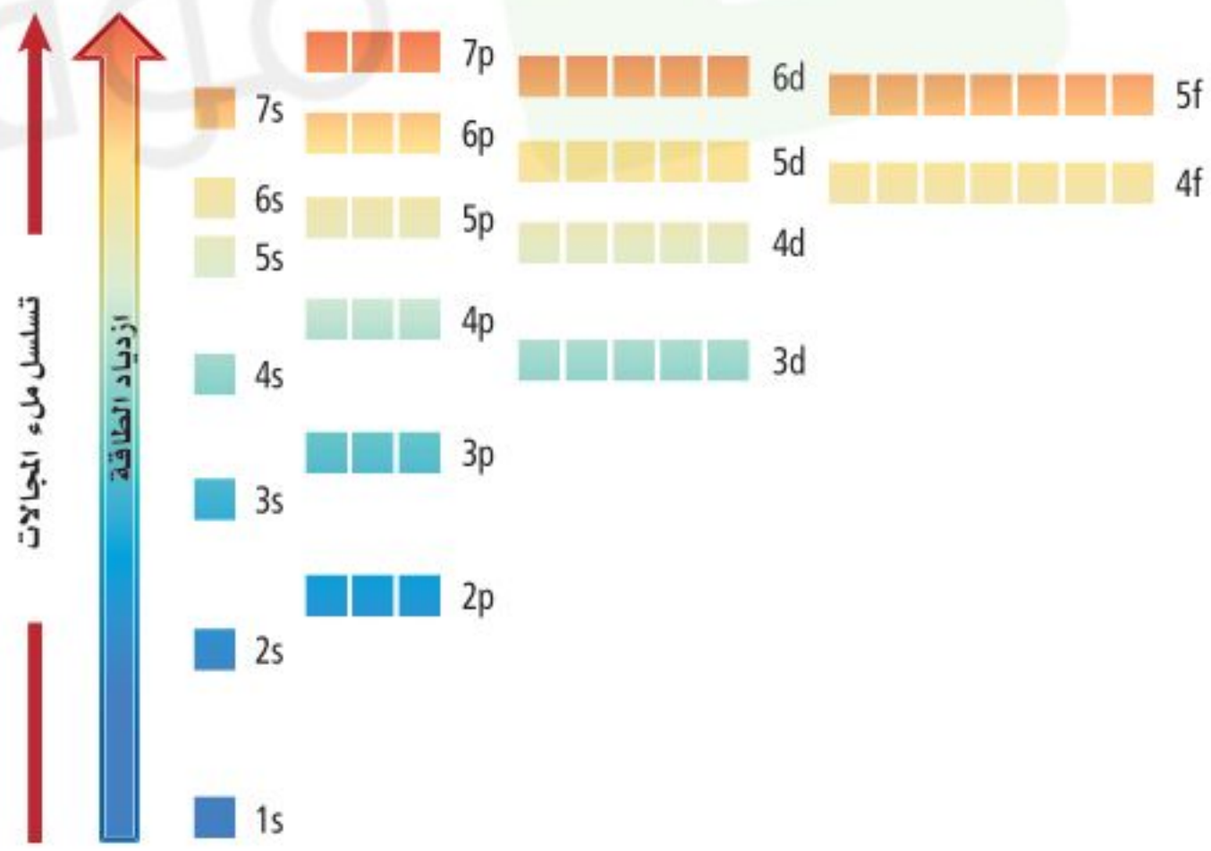
تقويم الفصل 2

2-3 إتقان المفاهيم

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

لا بُدّ أنْ يحتوي كلّ مستوى على إلكترون واحد قبل أنْ يدخله إلكترون آخر.

76. **الروبيديوم** وضّح باستخدام **الشكل 23-2**، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 23-2

لأن طاقة المستوى الفرعي المتعلقة بالمستوى 5s أقلّ 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 تحتويها؟

هي إلكترونات مستويات الذرة الخارجية؛ وعددها 2.

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

يسلك الضوء سلوكًا مشابهًا للموجة في بعض الحالات ومشابهًا للجسيمات في حالات أخرى.

79. صف الفرق بين الكم والفوتون.

الكمّ هو أقلّ طاقة يمكن أن تفقدها الذرة أو تكتسبها، في حين أن الفوتون جسيم يحمل طاقة مقدارها كمٌّ 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**

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

81. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة 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 كلٍّ من الصناديق الثلاثة الأولى، وسهم واحد في كلّ صندوق من الصندوقين الأخيرين. أمّا الكبريت $[Ne]3s^2 3p^4$ فيحتوي رسم المربعات على تسعة صناديق؛ سهمان في كلٍّ من الصناديق السبعة الأولى، وسهم واحد في كلّ صندوق من الصندوقين الأخيرين.

إتقان حل المسائل: (استعن بالجدول الدوري عندالحاجة للحصول على الأعداد الذرية للعناصر)

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

83. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

a. البيريليوم **$Be: 1s^2 2s^2$**

b. الألومنيوم **$Al: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$**

c. النيتروجين **$N: 1s^2 2s^2 2p^3$**

d. الصوديوم **$Na: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$**

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

a. Zr **$Zr: [Kr]\ 5s^2 4d^2$**

b. Pb **$Pb: [Xe]\ 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$**

c. Kr **$Kr: [Ar]\ 4s^2 3d^{10} 4p^6$**

d. P **$P: [Ne]\ 3s^2 3p^3$**

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

85. حدد العنصر الذي يُمثّل بالتوزيع الإلكتروني الآتي:

a. $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$ **F**

b. $[Ar]\ 4s^2$ **Ca**

c. $[Xe]\ 6s^2\ 4f^4$ **Nd**

d. $[Kr]\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^4$ **Te**

e. $[Rn]\ 7s^2\ 5f^{13}$ **Md**

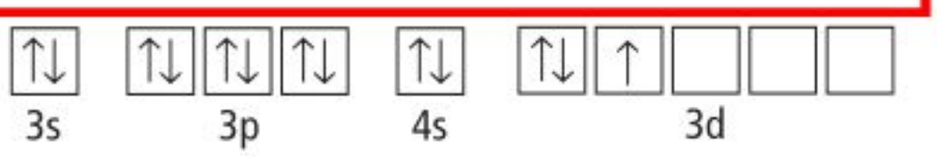
f. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5$ **Br**

86. أيّ رسوم مربعات المستويات في **الشكل 24-2** صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

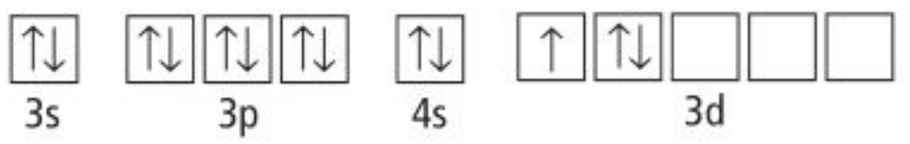
a.

b.

c.



d.



الشكل 24-2

87. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

a. الكربون **C**

c. البولونيوم **As**

e. الباريوم **Po**

b. الزرنيخ **K**

d. البوتاسيوم **Ba**

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

4 ؛ 15 ؛ 18

89. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في **الشكل 25-2**؟

a. المنجنيز **c.** الكالسيوم

b. الأنتيمون **d.** الساماريوم

الشكل 25-2

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

Sn **$[Kr]5s^2 4d^{10}\ 5p^2$**

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

a. 3 **18**

b. 4 **32**

c. 6 **72**

d. 7 **98**

موقع واجباتي

موقع واجباتي

2 تقويم الفصل

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

a. s **1**

b. p **3**

c. d **5**

d. f **7**

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

الهيليوم، الكالسيوم، الكوبالت، الباريوم.

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

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

95. **الخارصين**: تحتوي ذرة الخارصين عـلى 18 إلكترونًا في المستويات 3s و3p و3d. فلماذا يظهر في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

النقطتان هما إلكترونا تكافؤ المستوى 4s في الذرة.

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

الفرانسيوم

97. كيف وضَّح بور طيف الانبعاث الذري؟

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

موقع واجباتي

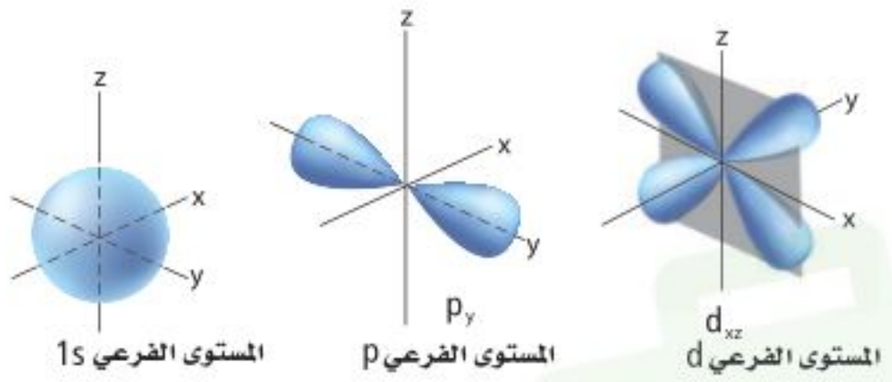
موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

التفكير الناقد

98. صف أشكال المستويات الفرعية الموضحة في الشكل **26-2**، وحدّد اتجاهاتها.



الشكل 26-2

المستوى الفرعي s كرويّ ويرتبط بمستوى الطاقة الثانوي s.

أمّا المستوى الفرعي p_y في صورة فصوص موجية على طول محور y، وهو جزء من مستوى الطاقة الثانوي p.

أمّا المستوى الفرعي d_{xz} في صورة فصّين متعامدين يقعان في المستوىxz ، وترتبط بالمستوى الثانوي d.

99. 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.

سيصبح كلٌّ من الليثيوم والفوسفور غازًا نبيلًا، أمّا الليثيوم فله التوزيع الإلكتروني $1s^3$ ويكون مشابهًا للهيليوم $1s^2$، أمّا الفوسفور فله التوزيع الإلكتروني $1s^32s^32p^9$ ويكون مشابهًا للنيون $1s^22s^22p^6$.

مراجعة تراكمية

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

a. الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة.

خواص فيزيائية

b. السكروز صلب، أبيض بلوري.

خواص فيزيائية

c. يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب.

خواص كيميائية

d. يحترق الورق عندما يشتعل.

خواص كيميائية

101. 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.

موقع واجباتي

موقع واجباتي

تقويم الفصل 2

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

102. لوحـــات النيون: لعمل لوحات نيـــون تبعث ألوانًا مختلفـــة، يملأ المصنعـــون اللوحات بغـــازات غير النيون. اكتب مقالة تعبر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.

قد تشمل إجابات الطلاب العناصر والألوان الآتية: الهيليوم (أصفر)؛ النيون (برتقالي أحمر)؛ الصوديوم (أصفر)؛ الأرجون (لافندر)؛ الكربتون (أبيض)؛ الزينون (أزرق).

103. نموذج رذرفـــورد: تخيل أنك عـــالم في أوائل القرن العشريـــن، وقد علمت بتفاصيـــل النموذج الذري الجديـــد المقترح مـــن الفيزيائي البريطاني أرنســـت رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعف التي تعتقد أنه يتضمنها، ثم اكتب رســـالة موجهة إلى رذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدمًا رسومًا 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 كهربائيًّا فإنها تستخدم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء (التحذير) الأمن. يبين **الشكل 27-2** الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.

الشكل 27-2

104. ما الفرق بين الطيفين في الشكل أعلاه؟

أحدهما يُوضِّح ألوان الطيف المرئي جميعها، أمّا الآخر فيُوضِّح ألوانًا محدَّدة منبعثة من ذرات الصوديوم ويُعرَف بطيف الانبعاث الذري للصوديوم.

105. يشـــع الصوديوم خطين طولاهما 588.9590 nm و 589.9524 nm عـــلى الترتيـــب. اكتب التوزيع الإلكتروني الأكثر اســـتقرارًا للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$، يَظهَر الخطّان عندما تنتقل ذرات الصوديوم من حالة أكثر إثارة تكون فيها الطاقة أعلى إلى حالة تكون فيها طاقة أقلّ، ويحدث هذا عندما تنتقل الإلكترونات من مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أدنى.

موقع واجباتي

106. احسب طاقات الفوتونات المرتبطة بالخطين، مستخدمًا المعادلات: $E = hc/\lambda$, $c = \lambda f$, $E = hf$

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

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.}\cancel{s})\ (3.00\times10^{8}\ \cancel{\text{m}}.\cancel{s^{-1}})}{(5.889590\times10^{-7}\ \cancel{\text{m}})}$$

$$= 3.38 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.}\cancel{s})\ (3.00\times10^{8}\ \cancel{\text{m}}\ \cancel{s^{-1}})}{(5.899524\times10^{-7}\ \cancel{\text{m}})}$$

$$= 3.37 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

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

a. $8.90 \times 10^{-22}\ s^{-1}$

b. $3.75 \times 10^{12}\ s^{-1}$

c. $8.01 \times 10^{-5}\ s^{-1}$

d. $1.12 \times 10^{21}\ s^{-1}$

2. أيّ مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي لإلكترونات الإنديوم؟

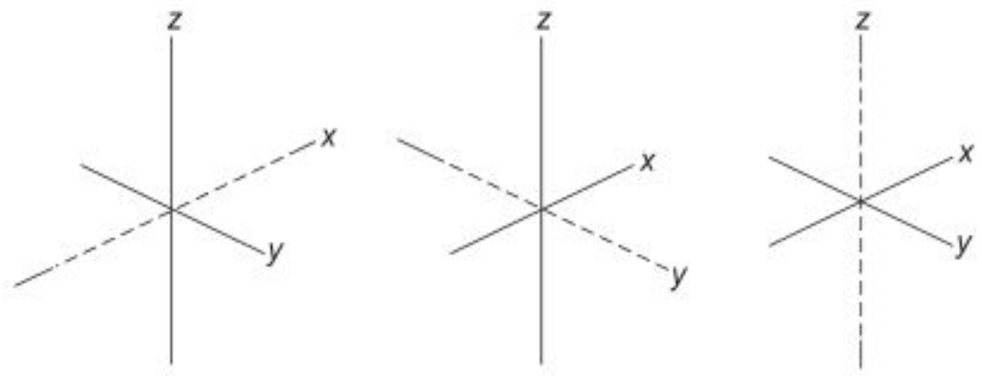
a. ·In

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

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

العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفانيديوم	V	23	$[Ar]\ 4s^2\ 3d^3$
اليتريوم	Y	39	$[Kr]\ 5s^2\ 4d^1$
			$[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^6$
السكانديوم	Sc	21	$[Ar]\ 4s^2\ 3d^1$
الكاديميوم	Cd	48	

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

a. $[Kr]\ 4d^{10}\ 4f^2$

b. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}$

c. $[Kr]\ 5s^2\ 4d^{10}$

d. $[Xe]\ 5s^2\ 4d^{10}$

موقع واجباتي

موقع واجباتي

اختبار مقنن

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة المستقرة $[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^6$؟

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. $\underline{\uparrow\downarrow}\ 1s^2$

B. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow$ $1s^2\ 2s^2$

C. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow\ \uparrow$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$

D. $\uparrow\downarrow\ \uparrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow\ \uparrow\downarrow$ $1s^2\ 2s^1\ 2p^6$

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

a. A

b. B

c. C

d. D

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

a. A

b. B

c. C

d. D

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 13يوجد في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

32 إلكترونًا.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه.

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

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

9 مستويات فرعية.

موقع واجباتي

14. قدّر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

$$\lambda = 580nm$$

15. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

$$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8}{580 \times 10^9} = 5.17 \times 10^{14} s^{-1}$$

أسئلة الإجابات المفتوحة

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

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

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

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

موقع واجباتي