

التوزيع الإلكتروني

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

المطويات

منظومات الأفكار



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



خطوة 2 اطو الورقة لتشكّل

تحليل النتائج :

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

٢- السمع واللمس والرائحة .

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

المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا القسم.

تجربة استهلاكية

كيف تعرف ما بداخل الكرة؟

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



خطوات العمل

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

تحليل النتائج

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

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

الضوء وطاقة الكم

Light and Quantized Energy

تقارن بين الطبيعة الموجية والجسيمية للضوء.

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

تقارن بين الطيف

الكهرومغناطيسي المستمر وطيف الانبعاث الذري.

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

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

الذرة والأسئلة التي تحتاج إلى إجابات

The Atom and Unanswered Questions

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

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

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

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

مراجعة المفردات

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

المفردات الجديدة

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

ثابت بلانك

التأثير الكهروضوئي

الفوتون

طيف الانبعاث الذري

الشكل 1-1 للعناصر المختلفة

تفاعلات متشابهة في الماء، لكنها تختلف في شدة التفاعل.



بوتاسيوم



صوديوم



ليثيوم

← زيادة شدة التفاعل

الطبيعة الموجية للضوء The Wave Nature of Light

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

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

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

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

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

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

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

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

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

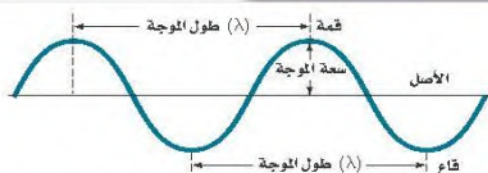
معادلة سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

حيث، c سرعة الضوء في الفراغ.

$$c = \lambda \nu$$

ν التردد.

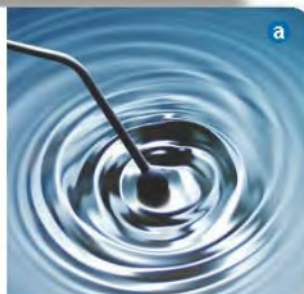
سرعة الضوء في الفراغ حاصل ضرب التردد في الطول الموجي.

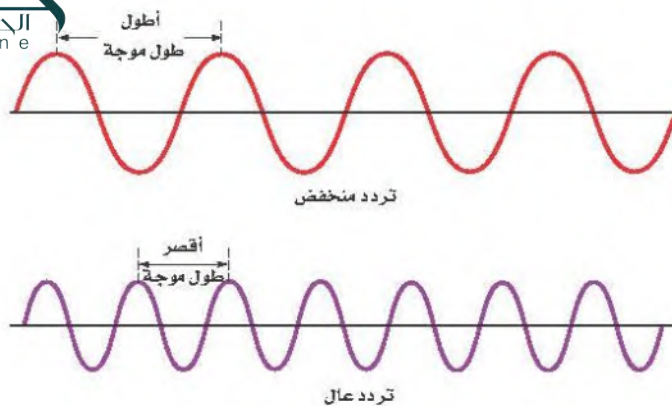


الشكل 1-2a: تظهر للوجات المائية المتعددة للتركيب الصفات المميزة لكل الموجات.

b. السعة، والطول الموجي، والتردد مهمات رئيسية للموجات.

حدد من الصورة، قمة، وقاعاً، وطولاً موجياً.





الشكل 3-1 توضح هذه الموجات العلاقة بين الطول الموجي والتردد، فكلما ازداد الطول الموجي قلَّ التردد.

استنتاج هل يؤثر التردد والطول الموجي في سعة الموجة؟

اجابة سؤال الشكل 3-1

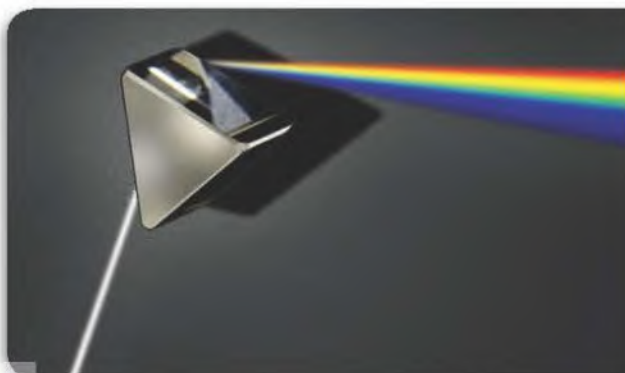
لا يؤثر طول الموجة وترددها في سعتها.

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

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

مهن في الكيمياء

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



الشكل 4-1 عندما يمر الضوء الأبيض عبر منشور ينفصل إلى مكوناته المختلفة كطيف متصل: الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي.



King Faisal
PRIZE



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

جواب سؤال ماذا قرأت :

تزداد الطاقة بازدياد التردد.

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

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

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

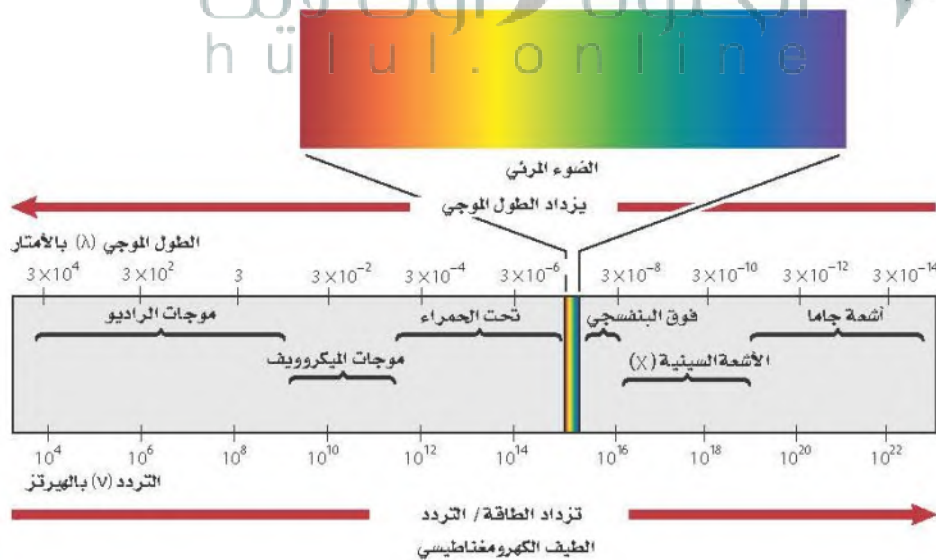
يمكنك استخدام المعادلة $c = \lambda \nu$ لحساب الطول الموجي أو التردد لأي موجة؛ وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية كلها تنتقل بالسرعة نفسها في وسط معين.

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

الربط الفيزياء

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

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



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

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

المطلوب
 $\lambda = ? \text{ m}$

المعطيات

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

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

2 حساب المطلوب

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

$$c = \lambda \nu$$

اكتب معادلة معدل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية

حل لإيجاد λ

$$\lambda = c / \nu$$

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

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

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

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

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

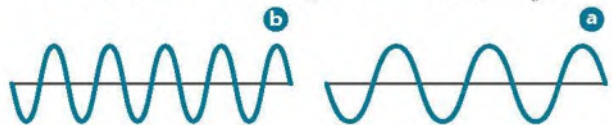
اقسم الأرقام والوحدات

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 1-5.

مسائل تدريبية

1. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالاً موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي $4.90 \times 10^{-7} \text{ m}$. فما تردد موجة هذا الضوء؟
2. يمكن للأشعة السينية أن تخترق أنسجة الجسم وتستعمل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعة سينية طولها الموجي $1.15 \times 10^{-10} \text{ m}$ ؟
3. بعد تحليل دقيق، وجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^{12} \text{ Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟
4. تخفيض: 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؟



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

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

موجات FM يمثلها الرسم b

محطة AM

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

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

المحطة التي ترددها 820 kHz لها طول موجة أكبر.

موجات AM يمثلها الرسم a

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$c = \lambda \nu$$

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

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

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

$$c = \lambda \nu$$

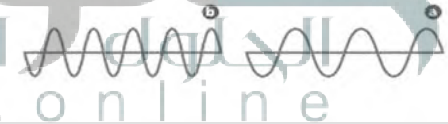
$$(3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) = (1.15 \times 10^{-10} \text{ m}) \nu$$

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

3. بعد تحليل دقيق، وُجد أن تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي $7.8 \times 10^5 \text{ Hz}$. ما سرعة هذه الموجة؟

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

الطبيعة المادية للضوء The Particle Nature of Light

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

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

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

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

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

المفردات

المفردات الأكاديمية

الظاهرة حقيقة أو حدث قابل للملاحظة.

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

جواب سؤال ماذا قرأت :

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

الشكل 6-1 يعتمد طول موجة الضوء

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

فسر العلاقة بين اللون ودرجة حرارة الفلز.



اجابة سؤال الشكل 6-1 :

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

اقترح بلانك أن الطاقة المنبعثة من الأجسام الساخنة مُكمّاة، ثم أثبت رياضياً وجعلها قانوناً فيزيائياً. طاقة الكم وتردد الإشعاع المنبعث.

طاقة الكم

حيث E طاقة الكم
 h ثابت بلانك
 ν التردد
 $E_{\text{quantum}} = h\nu$
 طاقة الكم تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

ثابت بلانك يساوي $6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ حيث h رمز الجول، وهو وحدة الطاقة العالمية. وتظهر المعادلة ازدياد طاقة الإشعاع بازدياد تردده ν .

واعتماداً على نظرية بلانك لكل تردد معين، فإن المادة تشع أو تمتص طاقة بمضاعفات صحيحة لقيم $h\nu$ ، مثل $3h\nu$ ، $2h\nu$ ، $1h\nu$ 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 قادراً على تفسير الظاهرة المسماة بالتأثير الكهروضوئي.

وفي التأثير الكهروضوئي، تبعث الإلكترونات المسماة الفوتوالكترونات من سطح الفلز عندما يسقط عليه ضوء بتردد مساو لتردد الفوتون، أو أعلى منه، على سطح الفلز، كما في الشكل 1-7. ويتنبأ النموذج الموجي، أنه حتى الضوء المنخفض الطاقة، والمنخفض التردد سوف يتراكم ويوفر الطاقة اللازمة لإطلاق الفوتوالكترونات من فلز ما مع مرور الوقت. وفي الحقيقة، لن يطلق الفلز الفوتوالكترونات إذا كان الضوء الساقط عليه ذا تردد أقل من التردد اللازم لإطلاق الفوتوالكترون. فعلى سبيل المثال، لا يمكن للضوء الأقل تردداً من $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$ إطلاق الفوتوالكترونات من فلز الفضة مهما كانت شدته أو زمن تأثيره. إلا أن الضوء الباهت الذي تردده يساوي $1.14 \times 10^{15} \text{ Hz}$ أو أكبر من ذلك يطلق الفوتوالكترونات من فلز الفضة.

✓ **ماذا قرأت؟ صف التأثير الكهروضوئي.**

الكيمياء في واقع الحياة

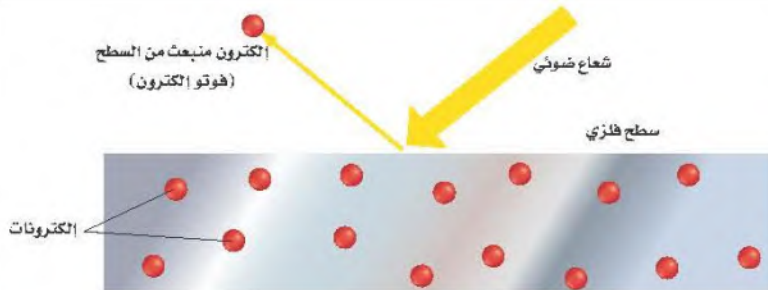
الطاقة الشمسية



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

اجابة سؤال ماذا قرأت :

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



الشكل 1-7 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.

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

طاقة الفوتون

حيث E طاقة الفوتون

h ثابت بلانك

ν التردد

طاقة الفوتون تساوي حاصل ضرب ثابت بلانك في تردد الضوء.

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

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

مثال 1-2

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

1 تحليل المسألة

المعطيات

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

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

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة طاقة الفوتون

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

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

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

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

قم بضرب الأرقام والوحدات ثم اقسّمها

3 تقويم الإجابة

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

مسائل تدريجية

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

طيف الانبعاث الذري Atomic Emission Spectra

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

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

ماذا قرأت؟ وضع كيف ينتج طيف الانبعاث؟

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

اجابة سؤال التحليل :

١- تنتج الألوان عن انتقال إلكترونات ذرات الفلز،

والألوان من خصائص الليثيوم و الصوديوم

والبوتاسيوم والكالسيوم والإستراتشيوم حسب

التجربة

٢- تتألف الألوان من الطيف المرئي لكل عنصر .

٣- تختلف الاجابات اعتماداً على العينة المجهولة المستخدمة .

تجربة

تحديد ماهية المركبات

كيف يختلف لون اللهب باختلاف العناصر؟

خطوات العمل

اجابة سؤال ماذا قرأت :

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

العناصر في نهاية الكتاب.

5. كرر الخطوة 2 مستخدماً عينة من

محلول مجهول يزودك بها المعلم، ثم

سجل لون اللهب الناتج.

6. تخلص من عيدان القطن المستعملة كما

يرشدك المعلم.

التحليل

7. اقترح سبب إعطاء كل مركب لوناً

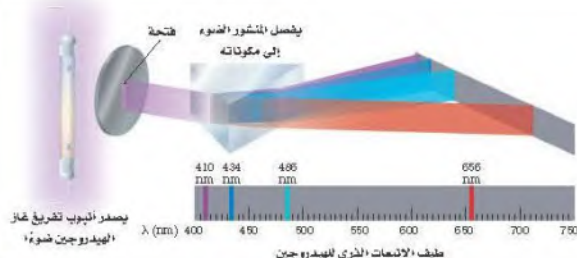
مختلفاً للهب بنزن على الرغم من

احتوائها جميعاً على الكلوريد.

8. وضع كيف يرتبط اختبار لون لهب

العنصر مع طيف الانبعاث الذري له؟

9. استنتج هوية المادة المجهولة، معللاً إجابتك.



الشكل 8-1 يمكن فصل اللون الأرجواني المنبعث من

الهيدروجين إلى مكوناته المختلفة باستخدام المنشور. يتكون

طيف الانبعاث الذري للهيدروجين من أربعة خطوط بأطوال

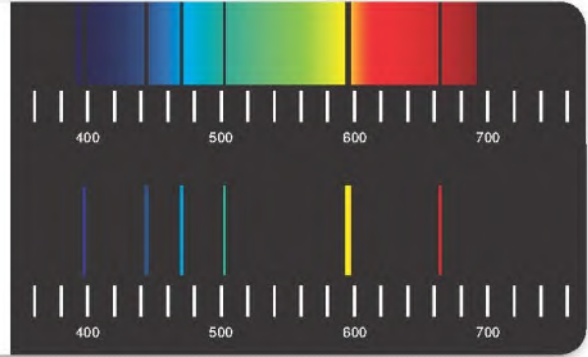
موجية مختلفة.

حدد أي خط له أعلى طاقة؟

الخط الذي
طول موجته
410 nm له
أعلى طاقة .

الشكل 9-1 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 المين أسفل طيف الامتصاص.



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

التقويم 1-1 الخلاصة

8. الفكرة الرئيسية: قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.
9. صف الظاهرة التي يمكن أن تُفسر بواسطة النموذج المادي للضوء فقط.
10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.
11. قوم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.
12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.
13. احسب يتطلب تسخين 235 g ماء من درجة حرارة 22.6°C إلى 94.4°C في الميكروويف $7.06 \times 10^4 \text{ J}$ من الطاقة، إذا كان تردد الميكروويف يساوي $2.88 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ فما عدد الكمات اللازمة للحصول على $7.06 \times 10^{14} \text{ J}$ من الطاقة.
14. تفسير الرسوم العلمية. استعن بالشكل 5-1 وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين الآتيتين.

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

- تحدد الموجات كلها بالطول الموجي، التردد، السعة، والسرعة.
- تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بسرعة الضوء في الفراغ.
- للموجات الكهرومغناطيسية كلها خواص موجية ومادية.
- تبعث المادة الطاقة وتمتصها بكمات محددة.
- ينتج الضوء الأبيض طيفاً مستمراً. ويتكون طيف انبعاث العنصر من سلسلة خطوط ملونة ومنفصلة.

بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.

اقترح أينشتاين أن الإشعاع الكهرومغناطيسي

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

ويُعبر عن طاقة الفوتون بالمعادلة التالية $E_{photon} = h\nu$

الفوتونات التي لها طاقة أكبر من طاقة الإفلات تسبب انبعاث

الفوتو إلكترون.

احسب يتطلب تسخين 235g ماء من درجة حرارة 22.6°C إلى

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

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

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

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

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

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

الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين التاليتين:

(يمكن استخدام المفاهيم المرقمة أكثر من مرة)

a. أشعة جاما

b. موجة تحت الحمراء

c. موجات الراديو

1. أطول طول موجة

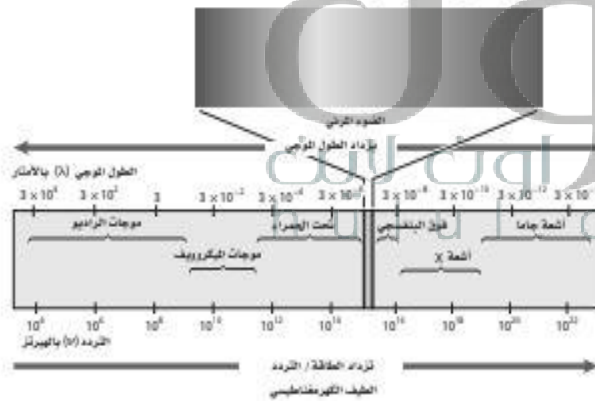
2. أعلى تردد

3. أعلى طاقة

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

ويشكل جزء الطيف المرئي منه حيزاً ضيقاً جداً. وكلما زادت الطاقة

والتردد قلّ الطول الموجي.



c. 1

a. 2

a. 3

8. قارن بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادية للضوء.

يسلك الضوء سلوك الموجات عند انتقاله في الفضاء، في حين

يسلك سلوك الجسيمات عند تفاعله مع المادة.

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

ينبغي استخدام نموذج الجسيمات في تفسير التأثير الكهروضوئي

ولون الأجسام الساخنة وطيف الانبعاث الذري.

10. قارن بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.

يُظهر الطيف المستمر (المتصل) ألوان الأطوال الموجية جميعها،

أما طيف الانبعاث فيُظهر الأطوال الموجية لعنصر محدد.

11. قوّم استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها

المادة أو تفقدها.

الكم هو أقل كمية من الطاقة يمكن أن تفقدها أو تكتسبها

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

12. ناقش الطريقة التي استخدم فيها أينشتاين مفهوم الكم عند