

فيزياء الصف الثاني عشر  
اعداد

أ. محمد النكدي



## حل أسئلة فيزياء الكم

دروس الوحدة الثامنة كتاب النشاط

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الحمد لله الذي هدانا لهذا  
أما كنا لنكون من السالكين  
والحمد لله الذي هدانا لهذا  
أما كنا لنكون من السالكين

## نشاط ٨-١ الضوء: هل هو موجة أم جسيم؟

يمكنك أن تتخيل خصائص موجات الضوء من خلال التفكير في الضوء على أنه مجالات كهربائية ومغناطيسية مترددة تتحرك عبر الفضاء، تماماً كما يتأرجح قارب على سطح الماء عندما تتحرك موجة مائية عبره، ويمكنك أن تتخيل الكمة أو الخصائص الجسيمية للضوء من خلال التفكير في الضوء كعدد من السيارات حاملة للطاقة تتحرك جميعها بالسرعة العالية نفسها على طول طريق ما. هذا النشاط يدور حول هذه الأفكار.

١. يُظهر الضوء خصائص الموجة مثل الانعكاس والانكسار والحيود والتداخل.
- أ. أي خاصيتين من هذه الخصائص توضح بشكل أفضل أن الضوء عبارة عن موجة وليس جسيماً؟

الحيود والتداخل

- ب. صف كيف يمكن تفسير المواضع المعتمدة في نمط الشق المزدوج ليونج عند اعتبار الضوء كموجة ولا يمكن تفسير ذلك عند اعتباره كجسيمات.

عندما تخرج موجات الضوء من الشقين وتصل متعاكسة في الطور فإنها تلغي بعضها بعضاً؛ أما إذا اعتبرنا أن الضوء عبارة عن جسيمات فإن الجسيمات تمر عبر الشق الأول أو الشق الآخر دون أن يلغي بعضها بعضاً.

٢. أ. صف ما يحدث في الانبعاث الكهروضوئي.

شحن كشاف كهربائي ذو رقائقين من الذهب و سطح نظيف مصنوع من الزنك أو المغنسيوم بشحنة سالبة، وعندما يسقط عليه ضوء فوق بنفسجي (تردده أعلى من تردد العتبة لفلز) يلاحظ انطباق الرقائقين سطح الكشاف الأمر الذي يدل على تحرر إلكترونات من سطح الفلز.

- ب. صف تجربة توضح التأثير الكهروضوئي.

أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي يحرر إلكترونات من سطح فلز.

٣. يفسّر النموذج الموجي الانبعاث الكهروضوئي على أنه امتصاص بطيء لطاقة الموجة من قبل الإلكترونات، الأمر الذي يمنحها في النهاية طاقة كافية للتحرك، ومع ذلك تشير الملاحظات المختلفة في الانبعاث الكهروضوئي إلى أن للضوء خصائص جسيمية، أحدها هو وجود تردد العتبة.

أ. ما المقصود بتردد العتبة؟

أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي يحرر إلكترونات من سطح فلز.

ب. وضح كيف أنه من الصعب شرح تردد العتبة باستخدام النموذج الموجي.

إذا كان التردد منخفضاً (أقل من تردد العتبة)، فيجب أن يتم زيادة الشدة أو الانتظار لفترة كافية لزيادة الطاقة الممتصة من قبل الفلز حتى يحدث الانبعاث، ولكن هذا الانبعاث لن يحدث لأن الانبعاث مرتبط بطاقة الفوتون.

ج. كيف يمكن شرح تردد العتبة باستخدام النموذج الجسيمي إذا كانت طاقة الفوتون تعتمد على التردد؟

يحدث الانبعاث عندما تكون طاقة الفوتون أكبر من الطاقة اللازمة لتحرير الإلكترون أي عندما يكون تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة.

د. اذكر ملاحظتين أخريين حول الانبعاث الكهروضوئي تشيران إلى أن للضوء خصائص جسيمية.

- يحدث الانبعاث فور سقوط ضوء ذي تردد مناسب على السطح.

- لا تعتمد طاقة الحركة القصوى ( $KE_{max}$ ) للإلكترونات الضوئية على شدة الضوء، بل على تردد الضوء فقط، وأن الضوء مكون من جسيمات تدعى فوتونات.

٤. زادت شدة ضوء من مصباح ما بحيث أصبح أكثر سطوعاً مع إبقاء اللون كما هو.

أ. استخدم النموذج الموجي لتوضيح ما يحدث لسعة موجة الضوء وترددها وسرعتها.

تزداد السعة، في حين يبقى كل من التردد والسرعة نفسيهما.

ب. استخدم النموذج الجسيمي لتوضيح ما يحدث لطاقة الفوتون وعدد الفوتونات المنبعثة في الثانية.

تبقى طاقة الفوتون نفسها؛ يزداد عدد الفوتونات المنبعثة في كل ثانية.

ج. يتسبب هذا الضوء في انبعاث كهروضوئي، ويتم زيادة شدته بشكل منتظم.

١. ماذا يحدث للطاقة القصوى للإلكترونات المنبعثة؟

تبقى الطاقة القصوى نفسها.

٢. ماذا يحدث لعدد الإلكترونات المنبعثة في الثانية؟

عدد أكبر من الإلكترونات المنبعثة في كل ثانية (أو يزداد).

٥. لا يتسبب الضوء المنبعث من مصدر ما في حدوث انبعاث كهروضوئي عندما يصطدم بسطح فلزي، فيقترح أحد الطلبة أن جعل الضوء أكثر سطوعاً سيسمح بحدوث انبعاث كهروضوئي.

أ. استخدم النظرية الجسيمية لشرح سبب خطأ هذا الاقتراح.

لا يحدث انبعاث لأن طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل، وزيادة السطوع لا تغير طاقة الفوتون.

ب. اقترح تغييرين قد يسمحان بحدوث انبعاث كهروضوئي.

- زيادة تردد الضوء (أو تقليل الطول الموجي).

- استخدام فلز له دالة شغل أقل.

٦. أ. احسب طاقة فوتون تردده  $(6.0 \times 10^{14} \text{ Hz})$ .

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 6.0 \times 10^{14} = 4.0 \times 10^{-18} \text{ J}$$

ب. احسب كمية تحرك فوتون تردده  $(6.0 \times 10^{14} \text{ Hz})$ .

$$p = \frac{E}{c} = \frac{4.0 \times 10^{-18}}{3.0 \times 10^8} = 1.3 \times 10^{-27} \text{ N s}$$

ج. احسب طاقة فوتون طول موجته  $(4.0 \times 10^{-7} \text{ m})$ .

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{4.0 \times 10^{-7}} = 5.0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

د. احسب كمية تحرك فوتون طول موجته  $(4.0 \times 10^{-7} \text{ m})$ .

$$p = \frac{E}{c} = \frac{5.0 \times 10^{-19}}{3.0 \times 10^8} = 1.7 \times 10^{-27} \text{ N s}$$

٧. يبعث مصباح (10 J) من الطاقة كل ثانية على شكل ضوء تردده  $(5.0 \times 10^{14} \text{ Hz})$ .

أ. احسب طاقة فوتون هذا الضوء.

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 5.0 \times 10^{14} = 3.3 \times 10^{-18} \text{ J}$$

ب. احسب عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية.

$$\frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون}} = \text{معدل الفوتونات}$$

$$n = \frac{10}{3.3 \times 10^{-18}} = 3.0 \times 10^{19}$$

٨. يسقط ضوء ما على سطح فلزي ويتسبب بانبعث كهروضوئي. زيد تردد الضوء

لكن إجمالي الطاقة الضوئية التي تسقط على السطح في كل ثانية بقيت ثابتة.

ماذا يحدث لكل من:

أ. طاقة الفوتون؟

$$E = nhf \quad E \propto f \quad \text{تزداد}$$

ب. عدد الفوتونات في الثانية للضوء الساقط؟

$$P = \frac{nE}{t} \quad \frac{P}{hf} = \frac{n}{t} \quad f \propto \frac{1}{n} \quad \text{تقل}$$

ج. معدل انبعاث الإلكترونات من السطح؟

$$\text{تقل} \quad \frac{n}{t} \propto \frac{1}{f} \quad \text{معدل الانبعاث} \quad \frac{P}{hf} = \frac{n}{t}$$

د. طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة من السطح؟

$$\text{تزداد} \quad KE_{max} \propto f \quad KE_{max} = hf - \phi$$

## نشاط ٨-٢ المعادلة الكهروضوئية

يمنحك هذا النشاط تدريباً على فهم المعادلة الكهروضوئية واستخدامها:

طاقة الفوتون = دالة الشغل + طاقة الحركة القصوى للإلكترون المنبعث.

سرعة الإشعاع الكهرومغناطيسي:  $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

ثابت بلانك:  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

١. أ. ما المقصود بمصطلح الفوتون؟

كـمة من الطاقة الكهرومغناطيسية.

ب. ما المقصود بدالة الشغل؟

أدنى طاقة يحتاج إليها الإلكترون ليتحرر من سطح الفلز.

ج. اشرح السبب في أن هناك قيمة قصوى لطاقة حركة الإلكترون المنبعث في المعادلة.

الإلكترونات المنبعثة بطاقة حركة قصوى ( $KE_{max}$ ) تنبعث من السطح فقط، على افتراض عدم الحاجة إلى طاقة أخرى فقد باستثناء دالة الشغل للتحرر. لكن قد يفقد بعض الطاقة عندما يصطدم الإلكترون.



د. اقترح سبب انبعاث عدد قليل من الإلكترونات بأقصى طاقة حركة.

لأن معظم الإلكترونات التي تُعطى طاقة تكون أسفل سطح الفلز وتفقد جزءاً من طاقتها عند خروجها إلى السطح. بالذرات الإلكترونات الأخرى في أثناء التحرر.

٢. تسقط فوتونات طاقتها (J  $1.20 \times 10^{-18}$ ) على سطح فلزي، فتنبعث إلكترونات من السطح طاقتها الحركية القصوى (J  $5.0 \times 10^{-19}$ ). احسب دالة الشغل للفلز.

$$\phi = hf - KE_{max} = 1.20 \times 10^{-18} - 5.0 \times 10^{-19} = 7.0 \times 10^{-19} J$$

٣. يسقط إشعاع طول موجته (m  $3.0 \times 10^{-7}$ ) على سطح فلز الصوديوم، دالة شغله تساوي (J  $3.6 \times 10^{-19}$ ). احسب طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{3.0 \times 10^{-7}} = 6.63 \times 10^{-19} J$$

$$KE_{max} = hf - \phi = 6.63 \times 10^{-19} - 3.6 \times 10^{-19} = 3.0 \times 10^{-19} J$$

٤. في تجربة كهروضوئية، تنبعث إلكترونات طاقة حركتها القصوى (J  $1.5 \times 10^{-19}$ ) من سطح فلزي دالة شغله (J  $3.2 \times 10^{-19}$ ). احسب تردد الإشعاع الساقط.

$$\phi = hf + KE_{max}$$

$$f = \frac{KE_{max} + \phi}{h} = \frac{1.5 \times 10^{-19} + 3.2 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 7.0 \times 10^{14} Hz$$

٥. عندما يسقط ضوء بتردد (Hz  $5.3 \times 10^{14}$ ) على سطح فلزي، تنبعث إلكترونات من دون أن تكتسب طاقة حركة.

أ. احسب طول موجة العتبة لمادة السطح.

$$hf_o = \frac{hc}{\lambda_o} \quad \lambda_o = \frac{c}{f_o} = \frac{3.0 \times 10^8}{5.3 \times 10^{14}} = 5.7 \times 10^{-7} J$$

ب. احسب دالة الشغل للسطح.

$$\phi = hf_o \quad \phi = 6.63 \times 10^{-34} \times 5.3 \times 10^{14} = 3.5 \times 10^{-19} J$$

ج. احسب طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة عند استخدام ضوء بتردد

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 6.0 \times 10^{14} = 4.0 \times 10^{-19} J$$

$$KE_{max} = hf - \phi = 4.0 \times 10^{-19} - 3.5 \times 10^{-19} = 4.8 \times 10^{-20} J$$

٦. عندما تسقط أشعة كهرومغناطيسية طول موجتها (400 nm) على سطح فلزي، تكون طاقة الحركة القصوى للإلكترونات المنبعثة (1.2 × 10<sup>-19</sup> J). احسب دالة الشغل للفلز.

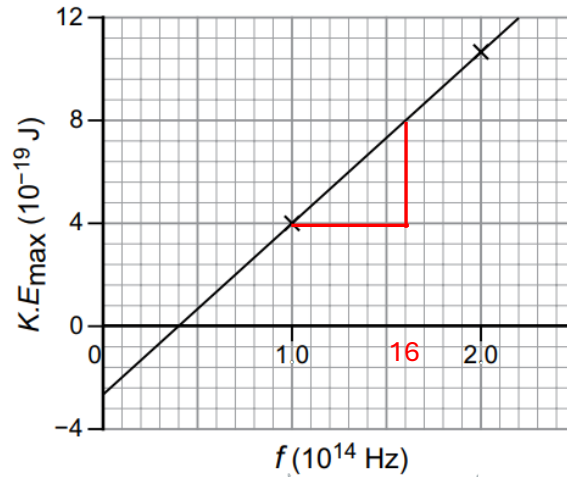
$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 5.0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\phi = hf - kE = 5.0 \times 10^{-19} - 1.2 \times 10^{-19} = 3.8 \times 10^{-19} \text{ J}$$

٧. دالة الشغل لكل من الصوديوم والزنك على التوالي (2.3 eV) و (4.3 eV). اشرح سبب انبعاث الإلكترونات من أحد الفلزين فقط، عند سقوط ضوء بتردد (6.0 × 10<sup>14</sup> Hz) على السطح.

طاقة الفوتون (4.0 × 10<sup>-19</sup> J) أكبر من دالة الشغل للصوديوم (3.7 × 10<sup>-19</sup> J) ولكنها ليست أكبر من دالة الشغل للزنك (6.9 × 10<sup>-19</sup> J)، لذا فإن الانبعاث يحدث من الصوديوم فقط.

٨. يوضح الشكل ٨-١ تمثيلاً بيانياً لتغير طاقة الحركة القصوى (K.E<sub>max</sub>) للإلكترونات المنبعثة من سطح فلز ما بتغير تردد الفوتون (f) الساقط عليه:



الشكل ٨-١: للسؤال ٨. تمثيل بياني يوضح تغير طاقة الحركة القصوى (K.E<sub>max</sub>) للإلكترونات المنبعثة من سطح الفلز بتغير تردد الفوتون (f) الساقط عليه.

أ. استخدم المعادلة الكهروضوئية لتوضيح أن ميل منحنى التمثيل البياني يساوي ثابت بلانك.

يمكن حساب ثابت بلانك من معادلة الخط كما يلي  $y = mx + c$

$$m = h \quad \text{الميل} = \text{ثابت بلانك} \quad kE = hf - \phi$$

ب. جد قيمة ثابت بلانك من التمثيل البياني.

$$h = \frac{8 \times 10^{-19} - 4 \times 10^{-19}}{16 \times 10^{14} - 10 \times 10^{14}} = 6.67 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{حل آخر من الرسم} \quad \phi = 2.5 \times 10^{-19} \text{ J} \quad f_0 = 4 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$hf_0 = \phi \quad h = \frac{\phi}{f_0} = \frac{2.5 \times 10^{-19}}{4 \times 10^{14}} = 6.25 \times 10^{-34} \text{ Js}$$



ج. اذكر كيف يمكن الحصول على دالة الشغل ( $\phi$ ) من التمثيل البياني.

نقطة التقاطع مع المحور السيني ( $x$ ) تمثل تردد العتبة ومنه نحصل على دالة الشغل أو مباشرة من خلال نقطة التقاطع مع المحور الصادي ( $y$ ).

د. استنتج مقدار دالة الشغل. نقطة التقاطع مع المحور الصادي ( $y$ )  $-2.5 \times 10^{-19} J$

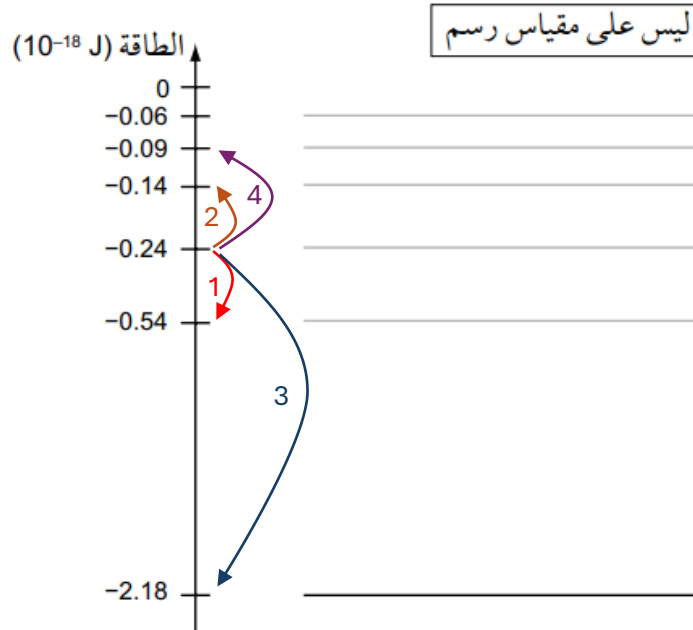
$$\phi = -(\text{نقطة التقاطع}) = -(-2.5 \times 10^{-19}) = 2.5 \times 10^{-19} J$$

هـ. تخيل أن التمثيل البياني أعيد رسمه ولكن لفلز بدالة شغل أصغر. اذكر كيف تقارن الميل ونقطة التقاطع مع المحور الصادي للتمثيل البياني الجديد بالتمثيل البياني السابق.

الميل نفسه، ونقطة التقاطع مع المحور الصادي تكون أقرب إلى نقطة الأصل.

يختبر هذا النشاط فهمك وتفسيرك للأطياف الخطية، ويمنحك تدريباً على عملية حساب الطاقات المختلفة.

١. يوضح الشكل ٨-٢ الرسم التخطيطي لمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين:



الشكل ٨-٢: للسؤال ١. رسم تخطيطي يوضح مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين.

أ. خلال المكيلي يوجد إلكترون في مستوى الطاقة ( $-0.24 \times 10^{-18} \text{ J}$ ) ويمكنه أن يبعث أو يمتص فوتوناً لينتقل من مستوى إلى آخر.

أ. أكمل الجدول ٨-١ لإظهار طاقة الفوتون المنبعث أو الممتص إذا تحرك هذا الإلكترون إلى مستوى جديد، وحدد ما إذا كانت الذرة تبعث فوتوناً أو تمتصه عندما ينتقل الإلكترون إلى المستوى الجديد:

هل ينبعث فوتون أم يمتص عندما ينتقل الإلكترون إلى المستوى الجديد؟	طاقة الفوتون المنبعث أو الممتص	مستوى الطاقة الجديد	
ينبعث	$0.3 \times 10^{-18} \text{ J}$	$-0.54 \times 10^{-18} \text{ J}$	1
يمتص	$0.14 \times 10^{-18} \text{ J}$	$-0.14 \times 10^{-18} \text{ J}$	2
ينبعث	$1.94 \times 10^{-18} \text{ J}$	$-2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$	3
يمتص	$0.15 \times 10^{-18} \text{ J}$	$-0.09 \times 10^{-18} \text{ J}$	4

الجدول ٨-١ للسؤال ١ أ.

ب. اقترح طريقتين أخريين - غير امتصاص فوتون - يمكن من خلالهما جعل الإلكترون ينتقل إلى مستوى أعلى (تلميح: ما الطرائق الأخرى التي يمكن للإلكترون من خلالها اكتساب الطاقة؟).

- رفع درجة الحرارة.

- اصطدامه بالإلكترون آخر (في أنبوب التفريغ).

٢. أ. صف الفرق بين طيف الانبعاث الخطي وطيف الامتصاص الخطي.

\* طيف الانبعاث عبارة عن خطوط ملونة ساطعة متوازية ذات أطوال موجية محددة

\* طيف الامتصاص عبارة عن خطوط معتمة في طيف مستمر من الألوان.

ب. اشرح: لماذا تكون خطوط طيف الانبعاث الخطي لغاز ما عند الأطوال الموجية نفسها لخطوط طيف الامتصاص الخطي للغاز نفسه؟

كلاهما ناتج عن انتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة نفسها، وبالتالي إما أن يمتص الفوتون أو ينبعث بالتردد نفسه.

أ. هلال الشكيلي

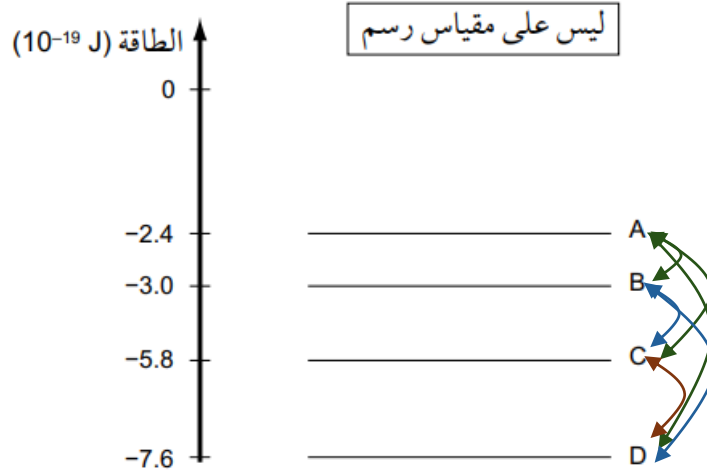
ج. صِف كيف يمكن الحصول على طيف الانبعاث الخطي لغاز ما .

باستخدام محزوز الحيود لمشاهدة غاز ساخن (باستخدام أنبوب التفريغ الكهربائي حيث يخضع غاز لفرق جهد كهربائي عال).

د. صِف كيف يمكن الحصول على طيف الامتصاص الخطي لغاز ما .

بتسليط ضوء أبيض عبر غاز بارد والنظر إلى الطيف باستخدام محزوز الحيود.

٣. يوضح الشكل ٨-٣ أربعة مستويات طاقة لذرة الهيليوم:



الشكل ٨-٣: للسؤال ٣. رسم تخطيطي يوضح أربعة مستويات طاقة لذرة الهيليوم.

يتكوّن طيف الانبعاث الخطي عند انتقال إلكترونات بين هذه المستويات.  
أ. وضح كيف تم الحصول على ستة خطوط مختلفة في الطيف الذي يتضمن هذه المستويات.

$$A \leftrightarrow B \quad A \leftrightarrow C \quad A \leftrightarrow D$$

$$B \leftrightarrow C \quad B \leftrightarrow D \quad C \leftrightarrow D$$

ب. اذكر المستويين المرتبطين بخط الطيف ذي التردد الأعلى.

$A \leftrightarrow D$  تردد أكبر . يعني أكبر طاقة (أكبر فرق بين مستويات الطاقة)

من مستوى الطاقة الأكبر (  $-2.4 \times 10^{-19} J$  ) الى مستوى الطاقة الأقل (  $-7.6 \times 10^{-18} J$  )

ج. بالنسبة إلى الخط ذي التردد الأعلى في الطيف، احسب طاقة الفوتون المنبعث.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -7.6 \times 10^{-18} - (-2.4 \times 10^{-19}) = 5.2 \times 10^{-19} J$$

د. اذكر المستويين المرتبطين بخط الطيف ذي الطول الموجي الأطول.

$A \leftrightarrow B$  طول موجي أكبر يعني أقل طاقة (أقل فرق بين مستويات الطاقة)

من مستوى طاقة  $(-2.4 \times 10^{-19} J)$  إلى مستوى طاقة  $(-7.6 \times 10^{-18} J)$

## نشاط ٨-٤ طول موجة دي بروي

يمكن إثبات أن للإلكترونات خصائص موجية، على الرغم من أن لها خصائص جسيمية. يطور هذا النشاط فهمك للخصائص الجسيمية والموجية المختلفة، والعلاقة بينها.

١. اشرح المقصود بطول موجة دي بروي للإلكترون ما.

طول الموجة المصاحب لجسيم متحرك.

٢. إذا علمت أن كتلة الإلكترون تساوي  $(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})$  وثابت بلانك  $(h)$  يساوي  $(6.63 \times 10^{-34} \text{ J s})$ ، فاحسب:

أ. طول موجة دي بروي للإلكترون إذا كانت سرعته  $(1.6 \times 10^6 \text{ m s}^{-1})$ .

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^6} = 4.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$

ب. كمية تحرك الإلكترون إذا كانت طاقة حركته  $(4.0 \times 10^{-16} \text{ J})$ .

$$p = mv = m \sqrt{\frac{2kE}{m}} = \sqrt{2kE \cdot m} = \sqrt{2 \times 4.0 \times 10^{-16} \times 9.11 \times 10^{-31}} = 2.7 \times 10^{-23} \text{ N s}$$

ج. طول موجة دي بروي للإلكترون إذا كانت طاقة حركته  $(4.0 \times 10^{-16} \text{ J})$ .

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2.7 \times 10^{-23}} = 2.5 \times 10^{-11} \text{ m}$$

٣. نيوترون كتلته ( $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ) له طول موجة دي بروي ( $5.0 \times 10^{-12} \text{ m}$ ). احسب:  
أ. كمية تحركه.

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{5.0 \times 10^{-12}} = 1.3 \times 10^{-22} \text{ Ns}$$

ب. سرعته.

$$v = \frac{p}{m} = \frac{1.3 \times 10^{-22}}{1.7 \times 10^{-27}} = 7.8 \times 10^4 \text{ ms}^{-1}$$

٤. غالباً ما تُعطى طاقة الإلكترون بوحدة الإلكترون فولت (eV).  
 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

يتم تسريع إلكترون من السكون من خلال فرق جهد كهربائي (1000 V). احسب:  
أ. طاقة الحركة النهائية للإلكترون بوحدة الـ J.

$$kE = 1000 \text{ eV} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-16} \text{ J}$$

ب. السرعة النهائية للإلكترون.

$$v = \sqrt{\frac{2kE}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-16}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 18.8 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

ج. كمية التحرك النهائية للإلكترون.

$$p = mv = 9.11 \times 10^{-31} \times 18.8 \times 10^6 = 1.7 \times 10^{-23} \text{ Ns}$$

د. طول موجة دي بروي للإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.7 \times 10^{-23}} = 3.9 \times 10^{-11} \text{ m}$$

٥. تسلك الإلكترونات أحياناً السلوك الجسيمي وأحياناً أخرى السلوك الموجي.

أ. اذكر مثلاً على السلوك الموجي للإلكترون.

حيود الإلكترونات.

ب. حدّد أي كمية فيزيائية في معادلة دي بروي  $\lambda = \frac{h}{p}$  تشير إلى السلوك الموجي، وأي كمية تشير إلى السلوك الجسيمي.  
 $p$  يشير إلى سلوك جسيمي ،  $\lambda$  يشير إلى سلوك موجي.

ج. بيّن أن الوحدات هي نفسها في كل من طرفي معادلة دي بروي.

$$\lambda = \frac{h}{p} \rightarrow \text{وحدة القياس} = \frac{Js}{Ns} = \frac{Nms^{-1}s}{N} = m$$

٦. سامي كتلته (50 kg) يمشي بسرعة (2.0 m s<sup>-1</sup>).

أ. احسب طول موجة دي بروي لسامي.

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{50 \times 2.0} = 6.63 \times 10^{-36} m$$

ب. اقترح سبب صعوبة ملاحظة حيود موجة بهذا الطول الموجي، على الرغم من إمكانية ملاحظة حيود الموجة التي لها الطول الموجي الذي حسبته في السؤال ٤ د.

إذا كان طول الموجة أقل بكثير من عرض الفجوة، فلن يلاحظ أي حيود. توفر المسافات الفاصلة بين الذرات فجوات لحيود الإلكترونات.

