## مسائل تدريبية

### 7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 12

*افترض أن الجسيمات المشحونة جميعها تتحرك عموديًّا على المجال المغناطيسي المنتظم.*

**1.** يتحرك بروتون بسرعة $7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$ عموديًّا على مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$. احسب نصف قطر مساره الدائري. لاحظ أن الشحنة التي يحملها البروتون مساوية للشحنة التي يحملها الإلكترون، إلا أنها موجبة.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(7.5\times10^{3}\ \text{m/s})}{(0.60\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$

$$= 1.3\times10^{-4}\ \text{m}$$

**2.** تتحرك إلكترونات خلال مجال مغناطيسي مقداره $6.0\times10^{-2}\ \text{T}$، اتزنت بفعل مجال كهربائي مقداره $3.0\times10^{3}\ \text{N/C}$. فما مقدار سرعة الإلكترونات عندئذ؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{3.0\times10^{3}\ \text{N/C}}{6.0\times10^{-2}\ \text{T}}$$

$$= 5.0\times10^{4}\ \text{m/s}$$

www.almanahj.com

**3.** احسب نصف قطر المسار الدائري الذي تسلكه الإلكترونات في المسألة السابقة في غياب المجال الكهربائي.

$$Bqv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(5.0\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 4.7\times10^{-6}\ \text{m}$$

**4.** عبرت بروتونات مجال مغناطيسي مقداره $0.60\ \text{T}$ فلم تنحرف بسبب اتزانها مع مجال كهربائي مقداره $4.5\times10^{3}\ \text{N/C}$. ما مقدار سرعة هذه البروتونات؟

$$Bqv = Eq$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{4.5\times10^{3}\ \text{N/C}}{0.60\ \text{T}}$$

$$= 7.5\times10^{3}\ \text{m/s}$$

**5.** تمر حزمة من ذرات أكسجين أحادية التأين (+1) خلال مطياف الكتلة. فإذا كانت: $q=1.60\times10^{-19}\ \text{C}$ ، $B=7.2\times10^{-2}\ \text{T}$، و $r=0.085\ \text{m}$، و $V=110\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأكسجين.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(7.2\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.085\ \text{m})^2(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (110\ \text{V})}=2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

**6.** يحلل مطياف كتلة ويزود ببيانات عن حزمة من ذرات أرجون ثنائية التأين (+2). إذا كانت قيم كل $v, r, q, B$ كما يأتي: $q=2(1.60\times10^{-19}\text{C})$، $r=0.106\ \text{m}$، $B=5.0\times10^{-2}\ \text{T}$ و $V=66.0\ V$ فأوجد كتلة ذرة الأرجون.

$$m=\frac{B^2r^2q}{2V}=\frac{(5.0\times10^{-2}\ \text{T})^2\ (0.106\ \text{m})^2\ (2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(2)\ (66.0\ \text{V})}=6.8\times10^{-26}\ \text{kg}$$

**7.** تمر حزمة من ذرات ليثيوم أحادية التأين (+1) خلال مجال مغناطيسي مقداره $1.5\times10^{-3}\ \text{T}$ متعامد مع مجال كهربائي مقداره $6.0\times10^{2}\ \text{N/C}$ ولا تنحرف. أوجد سرعة ذرات الليثيوم التي تمر خلال المجالين؟

$$Bqv=Eq$$

$$v=\frac{E}{B}=\frac{6.0\times10^{2}\ \text{N/C}}{1.5\times10^{-3}\ \text{T}}$$

$$=4.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

**8.** تم تحديد كتلة نظير النيون في المثال 2. فإذا وجد أن هناك نظيرًا آخر للنيون كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا فما المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس؟

www.almanahj.com

**استخدام نسبة الشحنة إلى الكتلة لإيجاد النسبة بين نصفي قطري النظيرين.**

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}},\qquad \frac{r_{22}}{r_{20}}=\frac{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{22}}{q}}}{\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_{20}}{q}}}=\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$ أي أن:

**ومنه فإن نصف قطر النظير الذي كتلته تعادل كتلة 22 بروتونًا تعطى بالعلاقة:**

$$r_{22}=r_{20}\sqrt{\frac{m_{22}}{m_{20}}}$$

$$=r_{20}\sqrt{\frac{22\ m_{\text{p}}}{20\ m_{\text{p}}}}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,r_{20}$$

$$=\sqrt{\frac{22}{20}}\,(0.053\ \text{m})$$

$$=0.056\ \text{m}$$

**المسافة بين نقطتي سقوط النظيرين على الفيلم الفوتوجرافي الحساس هي :**

$$r_{22} - r_{20} = 0.056\ \text{m} - 0.053\ \text{m} = 0.003\ \text{m}$$

$$= 3\ \text{mm}$$

## مراجعة القسم

### 1–7 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة(صفحة 16–9)

صفحة 16

**9.** **أنبوبة الأشعة المهبطية** صف كيف يعمل أنبوب أشعة المهبط على تكوين حزمة إلكترونات؟

**تنبعث الإلكترونات من الكاثود وتتسارع بواسطة فرق الجهد وتمرخلال الشقوق لتكوين حزمة الشعاع.**

**10.** **المجال المغناطيسي** يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بالعلاقة:يحسب نصف قطر المسار الدائري لأيون في مطياف الكتلة بوساطة العلاقة:$r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$. استخدم هذه العلاقة لبيان كيف يعمل مطياف الكتلة على فصل الأيونات ذات الكتل المختلفة بعضها عن بعض.

**مع افتراض أن الأيونات جميعها لها الشحنة نفسها سيكون المتغيّر الوحيد غير الثابت في المعادلة هو كتلة الأيون m ، لذا إذا زادت كتلة الأيون m، فسيزداد أيضًا نصف قطر مسار الأيون، وهذا يؤدي إلى فصل مسارات الأيونات ذات الكتل المختلفة.**

**11.** **المجال المغناطيسي** باستعمال مطياف الكتلة الحديث يمكن تحليل الجزيئات التي تعادل كتلتها كتلة مائة بروتون. إذا تم إنتاج أيونات أحادية التأين من هذه الجزيئات باستخدام الجهد المسارع نفسه فكيف يجب أن يكون التغير في المجال المغناطيسي للمطياف بحيث تصطدم الأيونات بالفيلم؟

**بما أن $r = (1/B)\sqrt{2mV/q}$ فعند زيادة $m$ يجب أن تزداد $B$ أيضًا. فإذا زادت $m$ بمعامل مقداره 10 فإن $B$ تزداد بمعامل مقداره 3؛ فللإبقاء على $r$ ثابتة يجب أن تزداد $B$ بمقدار $\sqrt{m}$**

**12.** **نصف قطر المسار** يتحرك بروتون بسرعة $4.2\times10^4\ \text{m/s}$ لحظة مروره داخل مجال مغناطيسي مقداره 1.20 T. احسب نصف قطر مساره الدائري.

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$r = \frac{vm}{qB} = \frac{(4.2\times10^4\ \text{m/s})(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.20\ \text{T})} = 3.7\times10^{-4}\ \text{m}$$

**13.** **الكتلة** تم تسريع حزمة ذرات أكسجين ثنائية التأين (+2) بتطبيق فرق جهد مقداره 232 V، وعندما عبرت مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 75 mT ، سلكت مسارًا منحنيًا نصف قطره 8.3 cm. أوجد مقدار كتلة ذرة الأكسجين؟

$$\frac{q}{m} = \frac{2v}{B^2r^2}$$

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(75\times10^{-3}\ \text{T})^2\ (8.3\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(2)(232\ \text{V})}$$

$$= 2.7\times10^{-26}\ \text{kg}$$

www.almanahj.com

14. **التفكير الناقد** بغض النظر عن طاقة الإلكترونات المستخدمة لإنتاج الأيونات لم يتمكّن تومسون مطلقًا من تحرير أكثر من إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين. ما الذي استنتجه تومسون عن الشحنة الموجبة لذرة الهيدروجين؟

**استنتج أن شحنتها يجب أن تكون أحادية فقط.**

## مسائل تدريبية

### 7–2 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25–17)

**صفحة 18**

15. ما مقدار سرعة موجة كهرومغناطيسية في الهواء إذا كان ترددها $3.2\times10^{19}$ Hz؟

**جميع الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ أو الهواء بسرعة الضوء نفسها ($3.00\times10^{8}$ m/s).**

16. ما طول موجة الضوء الأخضر إذا كان تردده $5.70\times10^{14}$ Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.70\times10^{14}\ \text{Hz}} = 5.26\times10^{-7}\ \text{m}$$

17. ما طول موجة كهرومغناطيسية ترددها $8.2\times10^{14}$ Hz؟

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{8.2\times10^{14}\ \text{Hz}} = 3.7\times10^{-7}\ \text{m}$$

18. ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $2.2\times10^{-2}$ m؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

www.almanahj.com

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.2\times10^{-2}\ \text{m}} = 1.4\times10^{10}\ \text{Hz}$$

**صفحة 19**

19. ما مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية المنتقلة في الهواء؟ استخدم c = 299792458 m/s في حساباتك.

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{299792458\ \text{m/s}}{\sqrt{1.00054}}$$

$$= 2.99712\times10^{8}\ \text{m/s}$$

20. إذا كان ثابت العزل الكهربائي للماء 1.77 فما مقدار سرعة انتقال الضوء في الماء؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{\sqrt{1.77}}$$

$$= 2.25\times10^{8}\ \text{m/s}$$

21. إذا كانت سرعة الضوء خلال مادة يساوي $2.43\times10^{8}$ m/s فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة؟

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.43\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 1.52$$

## مراجعة القسم

### 2-7 المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء (صفحة 25–17)

صفحة 25

22. **انتشار الموجات** وضح كيف يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تنتشر في الفضاء؟

**يولّد المجال الكهربائي مجالًا مغناطيسيًا، ويولّد تغيّر المجال المغناطيسي مجالًا كهربائيًا، ولذلك تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية عندما يولّد كلّ من المجالين الآخر.**

23. **التردد** ما تردد موجة كهرومغناطيسية طولها الموجي $1.5\times10^{-5}\ \text{m}$؟

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.5\times10^{-5}\ \text{m}} = 2.0\times10^{13}\ \text{Hz}$$

24. **إشارات التلفاز** تحتوي هوائيات التلفاز عادة على قضبان فلزية أفقية. استنادًا إلى هذه المعلومات ما استنتاجك حول اتجاهات المجالات الكهربائية في إشارات التلفاز؟

**يجب أن تكون أفقية أيضًا.**

25. **تصميم الهوائي** لبعض قنوات التلفاز ترددات أقل من ترددات حزمة FM في المذياع، في حين أن قنوات أخرى لها ترددات أكبر كثيرًا. ما الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول: القنوات ضمن المجموعة الأولى، أم القنوات ضمن المجموعة الثانية؟ علّل إجابتك.

**الإشارة التي تحتاج إلى هوائي أطول هي القنوات ضمن المجموعة الأولى**

26. **ثابت العزل الكهربائي** إذا كانت سرعة الضوء في مادة مجهولة هي $1.98\times10^{8}\ \text{m/s}$ فما مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة المجهولة؟ علما بأن سرعة الضوء في الفراغ تساوي $3.00\times10^{8}\ \text{m/s}$.

$$v = \frac{c}{\sqrt{K}}$$

$$K = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.98\times10^{8}\ \text{m/s}}\right)^2 = 2.30$$

27. **التفكير الناقد** تحجب معظم الأشعة فوق البنفسجية UV الناتجة عن الشمس بوساطة طبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض. اكتشف العلماء في السنوات الأخيرة أن طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي وفوق المحيط المتجمد الشمالي أصبحت رقيقة. استخدم ما تعلمته عن الموجات الكهرومغناطيسية والطاقة لتوضح لماذا يشعر بعض العلماء بقلق بالغ من استنزاف طبقة الأوزون؟

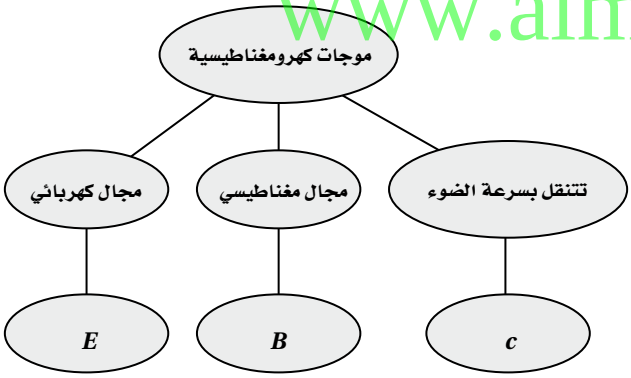
**يكون الطول الموجيّ لموجات الأشعة فوق البنفسجية صغير وطاقتها كبيرة إلى درجة تكفي لتحطيم الخلايا في الجلد، ولذلك فإن تعرضّ الإنسان للأشعّة فوق البنفسجية بكثرة يزيد من احتمال إصابته بسرطان الجلد.**

## تقويم الفصل

### خريطة المفاهيم

صفحة 30

28. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: E، c، مجال مغناطيسي.




www.almanahj.com

### إتقان المفاهيم

صفحة 30

29. ما مقدار كل من كتلة الإلكترون وشحنته؟

**كتلة الإلكترون $9.11\times10^{-31}\ \text{kg}$، في حين شحنته تساوي $-1.60\times10^{-19}\ \text{C}$.**

30. ما النظائر؟

**النظائر ذرات العنصر الواحد المتساوية بالعدد الذري والمختلفة الكتلة (العدد الكتلي).**

## تابع الفصل 7

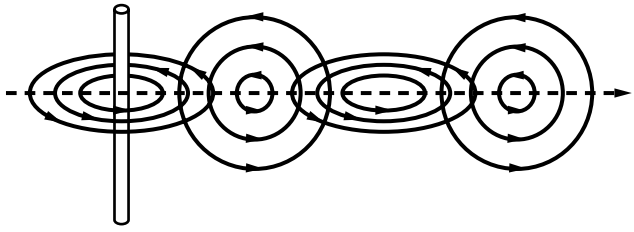
**31.** ما الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا؟

**الزاوية بين اتجاه المجال المغناطيسي الحثي واتجاه المجال الكهربائي المتغير دائمًا قائمة.**

**32.** لماذا يجب استخدام مولد تيار متناوب لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية؟ وإذا استخدم مولد مستمر فمتى يمكنه توليد موجات كهرومغناطيسية؟

**يُعطي مولّد AC مجالًا كهربائيًا متغيرًا، وهو بدوره يولّد مجالًا مغناطيسيًا متغيّرًا، أمّا مولّد DC فيولّد مجالًا كهربائيًا متغيّرًا لحظة تشغيله أو إطفائه فقط.**

**33.** يبث سلك هوائي رأسي موجات راديو. ارسم الهوائي وكلًّا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين؟



**34.** ماذا يحدث لبلورة الكوارتز عند تطبيق فولتية خلالها؟

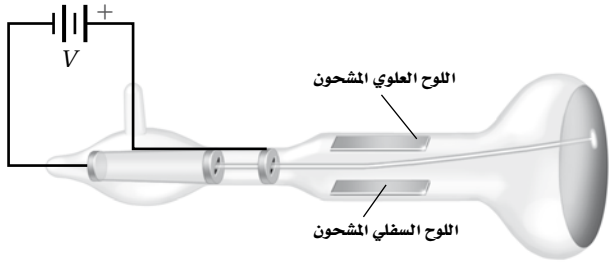
**تنحني بلّورة الكوارتز أو تتشوّه عند تطبيق الفولتّية خلالها، ثم تهتز بعد ذلك بمجموعة تردّدات.**

www.almanahj.com

**35.** كيف تعمل دائرة استقبال الهوائي على التقاط موجة كهرومغناطيسية بتردد محدّد ورفض سائر الموجات الأخرى؟

**بتعديل السعة الكهربائية لدائرة الهوائي يصبح تردّد اهتزاز الدائرة مساويًا لتردّد موجات الراديو المطلوبة. وتستقبل تلك الموجة فيحدث رنينًا، مما يؤدي إلى اهتزاز الإلكترونات في الدائرة بذلك التردّد.**

**36.** تنطلق الإلكترونات في أنبوب تومسون من اليسار إلى اليمين، كما هو موضّح في **الشكل 14–7**. أي اللوحين سيشحن بشحنة موجبة لجعل حزمة الإلكترونات تنحرف إلى أعلى؟




**■ الشكل 14–7**

**اللوح العلوي سيشحن بشحنة موجبة.**

## تطبيق المفاهيم

صفحة 30

**37.** يستخدم أنبوب تومسون الموضح في المسألة السابقةالمجال المغناطيسي لحرف حزمة الإلكترونات. ما اتجاه المجال المغناطيسي اللازم لحرف الحزمة إلى أسفل؟

**سيكون اتجاه المجال المغناطيسي خارجًا من مستوى الورقة.**

**38.** بين أن وحدات $E/B$ هي وحدات السرعة نفسها؟

$$\frac{E}{B}=\frac{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}}{\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A.m}}}=\mathrm{A.m/C}$$

**لأن 1 A يساوي 1 C/s ولذلك فإن :**

$$\frac{E}{B}=\frac{\mathrm{C.m}}{\mathrm{s.C}}=\mathrm{m/s}$$

**39.** **الشكل 15–7** يبيّن الحجرة المفرغة في مطياف كتلة. إذا اختبرت عينة من غاز النيون المتأين في هذا المطياف فمااتجاه المجال المغناطيسي اللازم لجعل الأيونات تنحرف بشكل نصف دائري في اتجاه عقارب الساعة؟

■ **الشكل 15–7**

**عند استخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي، نجد أن اتجاهه يجب أن يكون خارجًا من الورقة وعموديًا على مستواها.**

**40.** إذا تغيرت إشارة شحنة الجسيم في المسألة السابقة من الموجبة إلى السالبة فهل يتغير اتجاه أحد المجالين أو كليهما للحفاظ على الجسيمات دون انحراف؟ وضّح إجابتك.

**يمكنك أن تغيّر كلا المجالين، أو لا تغيّر أيًا منهما، ولكن لا يمكنك أن تغيِّر مجالًا واحدًا فقط.**

**41.** أي من موجات الراديو، وموجات الضوء، والأشعّة السينيّة له قيمة عظمى من:

**a.** الطول الموجيّ

**موجات الراديو**

**b.** التردد

**الأشعّة السينيّة**

**c.** السرعة

**جميعها تنتقل بالسرعة نفسها**

**42.** **موجات التلفاز** إذا كان تردد الموجات التي تبث على إحد القنوات في التلفاز 58 MHz، بينما تردد الموجات على قناة أخرى 180 MHz فأي القناتين تحتاج إلى هوائي أطول؟

**تحتاج القناة الأولى إلى هوائيّ أطول، فطول الهوائيّ يتناسب طرديًا مع الطول الموجي.**

**43.** افترض أن عين شخص ما أصبحت حساسة لموجات الميكروويف، فهل تتوقع أن تكون عينه أكبر أم أصغر من عينك؟ ولماذا؟

**ستكون عيني الشخص أكبر، لأن الطول الموجيّ لموجات الميكروويف أكبر كثيرًا من الطول الموجيّ للضوء المرئيّ.**

## اتقان حل المسائل

### 7–1 تفاعلات المجالات الكهربائية والمغناطيسية والمادة

صفحة31

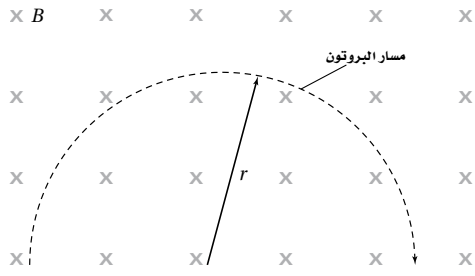
**44.** تحرك إلكترونات بسرعة $3.6\times10^{4}\ \mathrm{m/s}$ خلال مجال كهربائي مقداره $5.8\times10^{3}\ \mathrm{N/C}$. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتعرض له مسار الإلكترونات حتى لا تنحرف؟

$$v=\frac{E}{B}$$

$$B=\frac{E}{v}=\frac{5.8\times10^{3}\ \mathrm{N/C}}{3.6\times10^{4}\ \mathrm{m/s}}=0.16\ \mathrm{T}$$

www.almanahj.com

**45.** يتحـرك بروتـون في مسـار دائري نصف قطره 0.20 m في مجال مغناطيسـي مقداره 0.36 T، كما موضّح في **الشـكل 16–7**. احسب مقدار سرعته؟




**الشكل 16–7** ■

$$\frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$v = \frac{Brq}{m} = \frac{(0.36\ \text{T})(0.20\ \text{m})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 6.9\times10^{6}\ \text{m/s}$$

**46.** دخل بروتون مجالاً مغناطيسيًّا مقداره $0.6\times10^{-2}$ T بسرعة $5.4\times10^{4}$ m/s. ما مقدار نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه؟

$$r = \frac{mv}{Bq} = \frac{(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(5.4\times10^{4}\ \text{m/s})}{(6.0\times10^{-2}\ \text{T})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})} = 9.4\times10^{-3}\ \text{m}$$

www.almanahj.com

**47.** تسارع إلكترون خلال فرق جهد مقداره 4.5 kV. ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن يتحرك فيه الإلكترون لينحرف في مسار دائري نصف قطره 5.0 cm؟

$$B = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{2Vm}{q}} = \frac{1}{0.050\ \text{m}}\sqrt{\frac{(2)(4.5\times10^{3}\ \text{V})(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}{1.60\times10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 4.5\times10^{-3}\ \text{T}$$

**48.** حصلنا على المعلومات الآتية من مطياف الكتلة حول ذرات صوديوم ثنائية التأين (+2):

$B = 8.0\times10^{-2}\text{T}$ ، $q = 2(1.60\times10^{-19}\text{C})$،

$r = 0.077$ m ، و $V = 156$ V

احسب كتلة ذرة الصوديوم.

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

$$m = \frac{qB^2r^2}{2V} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(8.0\times10^{-2}\ \text{T})^2(0.077\ \text{m})^2}{(2)(156\ \text{V})} = 3.9\times10^{-26}\ \text{kg}$$

**49.** تحرك جسيم ألفا كتلته $6.6\times10^{-27}$ kg وشحنته +2 في مجال مغناطيسي مقداره 2.0 T فسلك مسارًا دائريًّا نصف قطره 0.15 m. ما مقدار كل من:

**a.** سرعة الجسيم؟

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br}$$

$$v = \frac{Bqr}{m} = \frac{(2.0\ \text{T})(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.15\ \text{m})}{6.6\times10^{-27}\ \text{kg}}$$

$$= 1.5\times10^{7}\ \text{m/s}$$

**b.** طاقته الحركية؟

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{Bqr}{m}\right)^2 = \frac{q^2B^2r^2}{2m} = \frac{(2)(1.60\times10^{-19}\text{ C})(2.0\text{ T})^2(0.15\text{ m})^2}{(2)(6.6\times10^{-27}\text{ kg})}$$

$$= 7.0\times10^{-13}\text{ J}$$

**c.** فرق الجهد اللازم لإنتاج هذه الطاقة الحركية.

$$KE = qV$$

$$V = \frac{KE}{q} = \frac{7.0\times10^{-13}\text{ J}}{(2)(1.60\times10^{-19}\text{ C})} = 2.2\times10^{6}\text{ V}$$

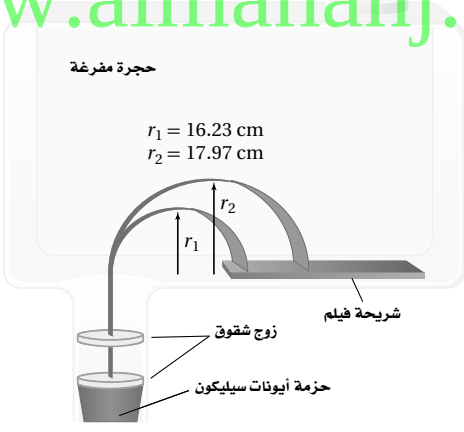
**50.** استخدم مطياف كتلة لتحليل كربون 12 يحتوي جزئيات كتلتها تعادل $175\times10^3$ من كتلة البروتون. ما النسبة اللازمة للحصول على عينة من الجزيئات تحتوي على النظائر ذات الكتلة 12 ولا تظهر فيها أي جزيئات ذات الكتلة 13؟

**الفرق بين نظيريّ الكربون 12 والكربون 13 هو بروتون واحد، والنسبة المئوية المطلوبة للتمييز بين هذين النظيرين على أساس فرق كتلة بروتون واحد بين النظيرين هي:**

$$\frac{1}{175000}\times100\% = \frac{1}{1750}\%$$

**51.** **نظائر السليكون** سلكت ذرات السليكون المتأينة المسارات الموضّحة في **الشكل 17–7** في مطياف الكتلة، إذا كان نصف القطر الأصغر يتوافق مع كتلته البروتون 28. فما كتلة النظير الآخر للسليكون؟

www.almanahj.com




**الشكل 17–7** ■

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2}$$

**لكن $m$ تتناسب طرديًا مع $r^2$**

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$m_2 = m_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$= (28\,m_p)\left(\frac{17.97\text{ cm}}{16.23\text{ cm}}\right)^2 = 34\,m_p$$

$$m_2 = 34m_p = (34)(1.67\times10^{-27}\text{ kg})$$

$$= 5.7\times10^{-26}\text{ kg}$$

# إتقان حل المسائل

## 7–2 الموجات الكهربائية والمغناطيسية في الفضاء

صفحة 32–31

52. **موجات الراديو** انعكست موجات راديو طولها الموجي 2.0 cm عن طبق قطع مكافئ. ما طول الهوائي اللازم للكشف عنها؟

**يجب أن يكون طول الهوائي $\frac{\lambda}{2}$، أي 1.0 cm .**

53. **التلفاز** نقلت إشارة تلفاز على موجات حاملة ترددها 66 MHz. فإذا كانت أسلاك الالتقاط في الهوائي تتباعد $\frac{1}{4}\lambda$ فأوجد البعد الفيزيائي بين أسلاك الالتقاط في الهوائي.

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{(4)(66 \times 10^6\ \text{Hz})}$$

$$= 1.1\ \text{m}$$

54. **الماسح الضوئي لشريط الشيفرة** يستخدم الماسح الضوئي لشريط الشفرة مصدر ضوء ليزر طوله الموجي 650 nm. أوجد تردد مصدر شعاع الليزر؟

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{650 \times 10^{-9}\ \text{m}} = 4.6 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

55. ما طول الهوائي اللازم لاستقبال إشارة راديو ترددها 101.3 MHz؟

**طول الهوائي المناسب يساوي:**

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{(2)(101.3 \times 10^6\ \text{Hz})}$$

$$= 1.48\ \text{m}$$

56. موجة كهرومغناطيسية EM ترددها 100MHz تبث خلال كابل محوري ثابت العزل الكهربائي له 2.30. ما مقدار سرعة انتشار الموجات؟

$$v = \frac{v}{\sqrt{K}} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{\sqrt{2.30}} = 1.98 \times 10^8\ \text{m/s}$$

57. **الهاتف الخلوي** يعمل جهاز إرسال هاتف خلوي على موجات حاملة ترددها $8.00 \times 10^8$ Hz. ما طول هوائي الهاتف الأمثل لالتقاط الإشارة؟ لاحظ أن الهوائيات ذات الطرف الواحد تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طول الهوائي فيه مساويًا ربع الطول الموجي للموجة.

**الطول المثالي للهوائي ذو الطرف الواحد يساوي:**

$$\frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{(4)(8.00 \times 10^8\ \text{Hz})}$$

$$= 0.0938\ \text{m}$$

$$= 9.38\ \text{cm}$$

## مراجعة عامة

صفحة 32

58. **المذياع** محطة إذاعية FM تبث موجاتها بتردد 94.5 MHz. ما مقدار طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال لهذه المحطة؟

**طول الهوائي اللازم للحصول على أفضل استقبال يساوي:**

$$\frac{1}{2}\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)\frac{c}{f}$$

$$= \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{(2)(94.5 \times 10^6\ \text{Hz})}$$

$$= 1.59\ \text{m}$$

59. إذا كان طول هوائي هاتف خلوي 8.3 cm فما مقدار التردد الذي يرسل ويستقبل عليه هذا الهاتف؟ لعلك تذكر من المسألة 57 أن الهوائيات ذات الطرف الواحد مثل المستخدم في الهاتف الخلوي تولد قوة دافعة كهربائية عظمى عندما يكون طولها مساويًا ربع الطول الموجي للموجة التي ترسلها وتستقبلها.

**طول الهوائي يساوي:**

$$0.083\ \text{m} = \frac{1}{4}\lambda = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{c}{f}$$

**التردد يساوي:**

$$f = \frac{c}{(4)(0.083\ \text{m})}$$

$$= \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{(4)(0.083\ \text{m})}$$

$$= 9.0 \times 10^8\ \text{Hz}$$

www.almanahj.com

**60.** سرّع جسيم مجهول بوساطة فرق جهد مقداره $1.50\times10^{2}\,V$. إذا دخل هذا الجسيم مجالاً مغناطيسيًّا مقداره 50.0 mT وسلك مسارًا منحنيًا نصف قطره 9.80 cm فما مقدار النسبة $q/m$؟

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$=\frac{(2)(1.50\times10^{2}\ V)}{(50.0\times10^{-3}\ T)^2\,(9.80\times10^{-2}\ m)^2}$$

$$=1.25\times10^{7}\ C/kg$$

## التفكير الناقد

صفحة 32

**61.** **تطبيق المفاهيم** تستخدم العديد من محطات الشرطة الرادار لضبط السائقين الذين يتجاوزون السرعة المسموح بها. والرادار جهاز يستعمل إشارة كهرومغناطيسية ذات تردد كبير لقياس سرعة جسم متحرك، وتردد إشارة الرادار المرسلة معلوم، وعندما تنعكس هذه الإشارة المرسلة عن الجسم المتحرك تلتقط من قبل الرادار. ولأن الجسم متحرك بالنسبة إلى الرادار لذا يكون تردد الإشارة المستقبلة مختلفًا عن تردد الإشارة المرسلة. وتسمى هذه الظاهرة إزاحة دوبلر. فإذا كان الجسم متحركًا نحو الرادار كان تردد الموجة المستقبلة أكبر من تردد الموجة المرسلة. ما مقدار سرعة الجسم المتحرك إذا كان تردد الموجة المرسلة 10.525 GHz وكان للموجة المستقبلة إزاحة دوبلر مقدارها 1850 Hz؟

$$v_{\text{هدف}}=\frac{c\,f_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}$$

حيث $v_{\text{هدف}}$: سرعة الهدف (m/s)

c: سرعة الضوء (m/s)

$f_{\text{دوبلر}}$: إزاحة تردد دوبلر (Hz)

$f_{\text{بث}}$: تردد الموجة المرسلة (Hz)

$$v_{\text{هدف}}=\frac{cf_{\text{دوبلر}}}{2f_{\text{بث}}}=\frac{(3.00\times10^{8}\ m/s)(1850\ Hz)}{(2)(10.525\times10^{9}\ Hz)}$$

$$=26.4\ m/s$$

**62.** **تطبيق المفاهيم** كتب طارق قصة خيال علمي تسمى (الرجل الخفي)، وفيها يشرب الرجل جرعة دواء فيصبح غير مرئي. ثم يستعيد طبيعته مرة أخرى. وضح لماذا لا يستطيع الرجل غير المرئي الرؤية؟

**حتى تتمكن من الرؤية يجب أن تستكشف الضوء، وهذا يعني أن الضوء سوف يمتصّ أو ينعكس، وبصورة أساسية يكون الشخص غير المرئي شفافًا، لذلك سيمرّ الضوء خلال العين دون امتصاص أو انعكاس.**

**63.** **تصميم تجربة** إذا طلب إليك أن تصمم مطياف كتلة باستخدام المبادئ التي نوقشت في هذا الفصل، لكن باستخدام أداة إلكترونية بدل الفيلم الفوتوجرافي. وتريد فصل الجزيئات الأحادية التأين (+1) ذات الكتل الذرية 175 بروتونًا عن الجزيئات ذات الكتل الذرية 176 بروتونًا، وكانت المسافة الفاصلة بين الخلايا المتجاورة في الكاشف الذي تستخدمه 0.10 mm، ويجب أن تُسرّع الجزيئات بوساطة فرق جهد 5000 V على الأقل؛ حتى يتم الكشف عنها، فما قيم كل من $v$، $B$، $r$ التي يجب أن تكون لجهازك؟

**نسبة الشحنة إلى الكتلة للنظائر في مطياف الكتلة هي:**

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

**أي ان نصف قطر مسار النظير يعطى بالعلاقة:**

$$r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm}{q}}$$

**والفرق في نصفي قطر المسار للنظيرين هو:**

$$0.10\times10^{-3}\ m=r_{176}-r_{175}$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{m_{176}}-\sqrt{m_{175}}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V}{q}}\left(\sqrt{176\,m_p}-\sqrt{175m_p}\right)$$

$$=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Vm_p}{q}}\left(\sqrt{176}-\sqrt{175}\right)$$

www.almanahj.com

**المجال المغناطيسي يساوي:**

$$B = \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{2Vm_p}{q}}$$

$$= \frac{(\sqrt{176} - \sqrt{175})}{0.10 \times 10^{-3}\ \text{m}} \sqrt{\frac{(2)(500.0\ \text{V})(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 1.2\ \text{T}$$

**نصف القطر للنظير الذي كتلته 176 بروتون تساوي :**

$$r_{76} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2V(176\, m_p)}{q}} = \frac{1}{1.2\ \text{T}} = \sqrt{\frac{(2)(5.00\ \text{V})(176)(1.67 \times 10^{-27}\ \text{kg})}{1.60 \times 10^{-19}\ \text{C}}}$$

$$= 3.6 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

**عند تصميم مطياف الكتلة يمكنك اختيار أي قيمة لكل من $B$ و $V$ ويجب أن لا تقل $V$ عن 500.0 V وبما أن النسبة $q/m$ ثابتة فإن $V$ تتناسب طرديًا مع $B^2r^2$**

## الكتابة في الفيزياء

صفحة 33

**64.** اكتب تقريرًا في صفحة أو صفحتين تُبيّن فيه عمل جهاز التحكم عن بعد لكل من التلفاز والفيديو وجهاز DVD ، والذي يعمل بالأشعة تحت الحمراء. اشرح لماذا لا يحدث تداخل بين الأجهزة عند استخدام جهاز التحكم عن بعد المتعدد الأغراض. يجب أن يحوي تقريرك مخططات وأشكالاً.

www.almanahj.com

**تستخدم أجهزة التحكّم مدًى محدّدًا من تردّدات الأشعة تحت الحمراء المعدّلة، والمضمّنة في صورة نبضات، ويولّد كلّ زر في الجهاز سلسلة خاصة من النبضات القصيرة أو الطويلة. إن المدى الواسع للتردّدات المستخدمة في أجهزة التحكم المختلفة المصنّعة من قبل شركات مختلفة، ورموز النبضات الفريدة من نوعها التي يستخدمها كل جهاز عن بعد يجعل من المستبعد أن تتداخل هذه الأجهزة معًا.**

## مراجعة تراكمية

صفحة 33

**65.** سلك طوله 440 cm يحمل تيارًا مقداره 7.7 A عموديًّا على مجال مغناطيسي. فإذا كانت القوة المؤثرة في السلك 0.55 N فما مقدار المجال المغناطيسي؟

$$F = BIL$$

$$B = \frac{F}{IL}$$

$$= \frac{0.55\ \text{N}}{(7.7\ \text{A})(4.4\ \text{m})}$$

$$= 0.016\ \text{T}$$

**66.** إذا حُرّك سلك يمتد من الشمال إلى الجنوب نحو الشرق داخل مجال مغناطيسي يتجه إلى أسفل نحو الأرض، فما اتجاه التيار الحثيّ المتولّد في السلك؟

**شمال**

## تابع الفصل 7

### مسألة التحفيز

صفحة 21

يشكّل الضوء المرئي جزءًا بسيطًا فقط من الطيف الكهرومغناطيسي. وأطوال الموجات لبعض ألوان الضوء المرئي موضحة في **الجدول 1–7** .

**الجدول 1–7**

**أطوال موجات الضوء المرئي**

| اللون | الطول الموجي (nm) |
|---|---|
| نيلي–بنفسجي | 390 حتى 455 |
| أزرق | 455 حتى 492 |
| أخضر | 492 حتى 577 |
| أصفر | 577 حتى 597 |
| برتقالي | 597 حتى 622 |
| أحمر | 622 حتى 700 |

www.almanahj.com

1. أي ألوان الضوء له أكبر طول موجي؟

**أحمر**

2. أي الألوان ينتقل أسرع في الفراغ؟

**تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية جميعها بالسرعة نفسها في الفراغ.**

3. تحيد الموجات ذات الطول الموجي الأكبر حول الأجسام التي تعترض مساراتها أكثر من الموجات ذات الطول الموجي الأقصر. أي الألوان سيحيد بدرجة أكبر، وأيها سيحيد بدرجة أقل؟

**حيود الضوء الأحمر هو الأكبر، أما البنفسجي فسيحيد بدرجة أقل.**

4. احسب مدى التردد لكل لون من ألوان الضوء المعطاة في **الجدول 1–7**.

**التردد** $f = \frac{c}{\lambda}$

**للموجة 390 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{3.90\times10^{-7}\ \text{m}} = 7.69\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 455 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.55\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.59\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 492 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.92\times10^{-7}\ \text{m}} = 6.10\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 577 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.77\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.20\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 597 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{5.97\times10^{-7}\ \text{m}} = 5.03\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 622 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.22\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.82\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**للموجة 700 nm**

$$f = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{7.00\times10^{-7}\ \text{m}} = 4.29\times10^{14}\ \text{Hz}$$

**وبذلك يكون المدى كما يلي:**

**البنفسجي من $6.59\times10^{14}$ Hz حتى $7.69\times10^{14}$ Hz**

**الأزرق من $6.10\times10^{14}$ Hz حتى $6.59\times10^{14}$ Hz**

**الأخضر من $5.20\times10^{14}$ Hz حتى $6.10\times10^{14}$ Hz**

**الأصفر من $5.03\times10^{14}$ Hz حتى $5.20\times10^{14}$ Hz**

**البرتقالي من $4.82\times10^{14}$ Hz حتى $5.03\times10^{14}$ Hz**

**الأحمر من $4.29\times10^{14}$ Hz حتى $4.82\times10^{14}$ Hz**

## مسائل تدريبية

### 12–1 التداخل (صفحة 166–157)

صفحة 161

**1.** ينبعث ضوء برتقالي مُصفر من مصباح غاز الصوديوم بطول موجي 596 nm، ويسقط على شقّين البعد بينهما $1.90\times10^{-5}$ m. ما المسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب الأصفر ذي الرتبة الأولى إذا كانت الشاشة تبعد مسافة 0.600 m من الشقّين؟

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$

$$= \frac{(596\times10^{-9}\ \text{m})(1.90\times10^{-5}\ \text{m})}{0.600\ \text{m}}$$

$$= 1.88\times10^{-2}\ \text{m} = 18.8\ \text{mm}$$

**2.** في تجربة يونج، استخدم الطلاب أشعة ليزر طولها الموجي 632.8 nm. فإذا وضع الطلاب الشاشة على بُعد 1.00 m من الشقّين، ووجدوا أن الهدب الضوئي ذا الرتبة الأولى يبعد 65.5 mm من الخط المركزي، فما المسافة الفاصلة بين الشقّين؟

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$d = \frac{\lambda L}{x}$$

$$= \frac{(632.8\times10^{-9}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{65.5\times10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.66\times10^{-6}\ \text{m} = 9.66\ \mu\text{m}$$

صفحة 165

**3.** ارجع إلى المثال 2، ثم أوجد أقل سُمْك ممكن للغشاء لتكوين حزمة ضوء منعكسة لونها أحمر ($\lambda$ = 635 nm).

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الزيت}}}$$

**بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا**

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الزيت}}}$$

$$= \frac{635\ \text{nm}}{(4)\ (1.45)}$$

$$= 109\ \text{nm}$$

**4.** وضع غشاء من فلوريد الماغنسيوم معامل انكساره 1.38 على عدسة زجاجية مطلية بطبقة غير عاكسة معامل انكسارها 1.52. كم يجب أن يكون سمك الغشاء بحيث يمنع انعكاس الضوء الأصفر المخضر؟

**لأن $n_{\text{الغشاء}} > n_{\text{الهواء}}$ فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الأول، ولأن $n_{\text{الزجاج}} > n_{\text{الغشاء}}$ فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الثاني. ولمنع انعكاس الضوء الأصفر المخضر يجب أن يكون التداخل هدّامًا**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

**بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا**

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{555\ \text{nm}}{(4)\ (1.38)}$$

$$= 101\ \text{nm}$$

**5.** ما أقل سمك لغشاء صابون معامل انكساره 1.33 ليتداخل عنده ضوء طوله الموجي 521 nm تداخلا بنّاءً مع نفسه؟

**حتى يتداخل الضوء تداخلا بناءً**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

**بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا**

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{521\ \text{nm}}{(4)\ (1.33)}$$

$$= 97.9\ \text{nm}$$

www.almanahj.com

# مراجعة القسم

## 1–12 التداخل (صفحة 161–153)

صفحة 166

**6. سمك الغشاء** يمسك خالد بلعبة الفقاعات، وينفخ في غشاء الصابون المعلق رأسيًّا في الهواء مكوّنًا فقاعات. ما العرض الثاني الأقل سمكًا لغشاء الصابون الذي يتوقع عنده رؤية شريط مضيء إذا كان الطول الموجي للضوء الذي يضيء الغشاء 575 nm؟ افترض أن معامل انكسار محلول الصابون 1.33.

**سيكون هناك انقلاب واحد في الطور؛ لذا سيحدث التداخل البناء عندما:**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

**بالنسبة إلى العرض الثاني الأقل سمكًا، تكون**

$$m = 1$$

$$d = \left(\frac{3}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{(3)\ (575\ \text{nm})}{(4)\ (1.33)}$$

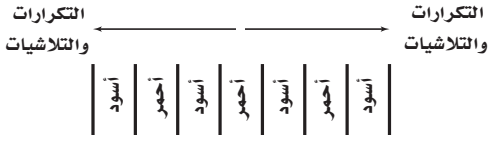
$$= 324\ \text{nm}$$

**7. الأنماط المضيئة والمعتمة** تم تكوين شقّين متقاربين جدًّا في قطعة كبيرة من الكرتون، وأُضيء الشقّان بضوء أحمر أحادي اللون. وعند وضع ورقة بيضاء بعيدًا عن الشقّين شوهد نمط من الأهداب المضيئة والمعتمة على الورقة. صف كيف تسلك الموجة عندما تقابل شقًّا؟ وفسّر لماذا تظهر أهداب مضيئة وأخرى معتمة؟

**عندما تواجه الموجة شقًّا فإنها تنحني. فالضوء يحيد بواسطة الشقوق، والضوء النافذ من أحد الشقوق يتداخل مع الضوء النافذ من الشق الآخر، فإذا كان التداخل بنّاءً فسيتكون هدب مضيء، أما إذا كان التداخل هدّامًا فإن الهدب سيكون معتمًا.**

**8. أنماط التداخل** وضّح بالرسم النمط الذي وصِف في المسألة السابقة.

**ستكون شبيهة بالنمط الذي تشاهده للضوء الأحمر.**




**9. أنماط التداخل** مثّل ما يحدث لنمط التداخل في المسألة 7 عند استخدام ضوء أزرق بدلا من الضوء الأحمر.

**تصبح أهداب الضوء بعضها أقرب إلى بعض.**

**10. سمك الغشاء** غشاء بلاستيكي عاكس معامل انكساره 1.83، ثُبِّت على نافذة زجاجية، فإذا علمت أن معامل انكسار الزجاج 1.52:

**a.** فما أقل سمك ينعكس عنده الضوء الأصفر المخضر؟

**لمّا كان $n_{\text{الغشاء}} < n_{\text{الهواء}}$ فإن هناك تغيرًا في الطور في الانعكاس الأول، ولمّا كان $n_{\text{الزجاج}} > n_{\text{الغشاء}}$ فلن يحدث تغير في الطور في الانعكاس الثاني. وحتى ينعكس الضوء الأصفر المخضر يجب أن يكون التداخل بنّاءً**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$m = 0$$

**بالنسبة إلى الغشاء الأقل سمكًا**

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda_{\text{الأصفر المخضر}}}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{555\ \text{nm}}{(4)\ (1.83)}$$

$$= 75.8\ \text{nm}$$

www.almanahj.com

**b.** إذا علمت أن هذا الغشاء لا يمكن صناعته بهذا السمك، فما السمك التالي الذي يحدث التأثير نفسه؟

$$m = 1$$

$$d = \left(\frac{3}{4}\right)\frac{\lambda_{\text{الأصفر المخضر}}}{n_{\text{الغشاء}}}$$

$$= \frac{(3)\ (555\ \text{nm})}{(4)\ (1.83)}$$

$$= 227\ \text{nm}$$

**11. التفكير الناقد** تستخدم معادلة الطول الموجي المشتقة من تجربة يونج عندما تكون الزاوية θ صغيرة جدًّا، وعندها يكون $\sin\theta \approx \tan\theta$. إلى أيّ زاوية يبقى هذا التقريب جيدًا؟ وهل تزداد الزاوية العظمى للتقريب الجيد والصحيح أم تتناقص عندما تزيد دقة قياسك لها؟

**$\sin\theta = \tan\theta$ لزاوية تتكون من رقمين معنويين حتى $9.9°$، وزيادة دقة القياس يقلل هذه الزاوية إلى $2.99°$.**

www.almanahj.com

## مسائل تدريبية

### 12–2 الحيود (صفحة 167–175)

صفحة 169

**12.** يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طوله الموجي 546 nm على شقّ مفرد عرضه 0.095 mm. إذا كان بُعد الشقّ عن الشاشة يساوي 75 cm، فما عرض الهدب المركزي المضيء؟

$$\lambda = \frac{x_{\text{أقل}}\, w}{L}$$

$$x_{\text{أقل}} = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(5.46\times10^{-7}\ \text{m})(0.75\ \text{m})}{9.5\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 4.3\ \text{mm}$$

$$\text{عرض الهدب المركزي المضيء} = 2x_{\text{أقل}}$$

$$2x_{\text{أقل}} = 2(4.3\ \text{mm})$$

$$= 8.6\ \text{mm}$$

**13.** سقط ضوء أصفر على شقّ مفرد عرضه 0.0295 mm، فظهر نمط على شاشة تبعد عنه مسافة 60.0 cm. فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء 24.0 mm، فما الطول الموجي للضوء؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{(2x_1)w}{2L}$$

$$= \frac{(24.0\times10^{-3}\ \text{m})(0.0295\times10^{-3}\ \text{m})}{(2)(60.0\times10^{-2}\ \text{m})}$$

$$= 5.90\times10^{2}\ \text{nm}$$

**14.** سقط ضوء أبيض على شقّ مفرد عرضه 0.050 mm، فإذا وضعت شاشة على بُعد 1.00 m منه، ووضع طالب مرشّحًا أزرق– بنفسجيًّا ($\lambda$=441 nm) على الشقّ، ثم أزاله ووضع مرشّحًا أحمر ($\lambda$=622 nm)، ثم قاس الطالب عرض الهدب المركزي المضيء:

**a.** فأيّ المرشّحين ينتج هدبًا ضوئيًّا أكثر عرضًا؟

**الأحمر؛ لأن عرض الهدب يتناسب طرديًّا مع الطول الموجي.**

**b.** احسب عرض الهدب المركزي المضيء لكل من المرشّحين.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

**للأزرق:**

$$2x_1 = \frac{2(4.41\times10^{-7}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{5.0\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 18\ \text{mm}$$

**للأحمر:**

$$2x_1 = \frac{2(6.22\times10^{-7}\ \text{m})(1.00\ \text{m})}{5.0\times10^{-5}\ \text{m}}$$

$$= 25\ \text{mm}$$

صفحة 172

**15.** يسقط ضوء أبيض من خلال محزوز على شاشة. صف النمط المتكوّن.

**يُشاهد طيف ضوئي كامل للألوان جميعها. وبسبب اختلاف الأطوال الموجية فإن الأهداب المعتمة لأحد الأطوال الموجية ستسقط عليها أهداب مضيئة لطول موجي آخر.**

**16.** يسقط ضوء أزرق طوله الموجي 434 nm على محزوز حيود، فتكوّنت أهداب على شاشة على بعد 1.05 m. إذا كانت الفراغات بين هذه الأهداب 0.55 m، فما المسافة الفاصلة بين الشقوق في محزوز الحيود؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta}$$

**حيث إن**

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)$$

$$d = \frac{\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)}$$

$$= \frac{434\times10^{-9}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.55\text{ m}}{1.05\text{ m}}\right)\right)}$$

$$= 9.4\times10^{-7}\text{ m}$$

**17.** يُضاء محزوز حيود تفصل بين شقوقه مسافة $8.60\times10^{-7}$ m بضوء بنفسجي طوله الموجي 421 nm. فإذا كان البعد بين الشاشة والمحزوز 80.0 cm، فما مقدار المسافات الفاصلة بين الأهداب في نمط الحيود؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

www.almanahj.com

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d}$$

$$\tan\theta = \frac{x}{L}$$

$$x = L\tan\theta$$

$$= L\tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{\lambda}{d}\right)\right)$$

$$= (0.800\text{ m})\left(\tan\left(\sin^{-1}\left(\frac{421\times10^{-9}\text{ m}}{8.60\times10^{-7}\text{ m}}\right)\right)\right)$$

$$= 0.449\text{ m}$$

**18.** يسقط ضوء أزرق على قرص DVD في المثال 3، فإذا كانت المسافات الفاصلة بين النقاط المتكوّنة على جدار يبعد 0.65 m تساوي 58.0 cm، فما مقدار الطول الموجي للضوء؟

$$\lambda = d\sin\theta = d\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)$$

$$= (7.41\times10^{-7}\text{ m})\left(\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.58\text{ m}}{0.65\text{ m}}\right)\right)\right)$$

$$= 490\text{ nm}$$

## تابع الفصل 12

**19.** يمر ضوء طوله الموجي 632 nm خلال محزوز حيود، ويكوّن نمطًا على شاشة تبعد عن المحزوز مسافة 0.55 m. فإذا كان الهدب المضيء الأول يبعد 5.6 cm عن الهدب المركزي المضيء، فما عدد الشقوق لكل سنتمتر في المحزوز؟

$$\lambda = d \sin\theta$$

**هناك شق واحد خلال المسافة $d$، لذا فإن المقدار $\frac{1}{d}$ يعطي عدد الشقوق لكل سنتمتر.**

$$d = \frac{\lambda}{\sin\theta}$$

$$= \frac{\lambda}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{x}{L}\right)\right)}$$

$$= \frac{632\times10^{-9}\ \text{m}}{\sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{0.056\ \text{m}}{0.55\ \text{m}}\right)\right)}$$

$$= 6.2\times10^{-6}\ \text{m} = 6.2\times10^{-4}\ \text{cm}$$

$$1\ \text{شقّ}/6.2\times10^{-4}\ \text{cm} = 1.6\times10^{3}\ \text{شقّ/cm}$$

# مراجعة القسم

www.almanahj.com

## 12–2 الحيود (صفحة 167–175)

صفحة 175

**20. المسافة بين الأهداب المعتمة ذات الرتبة الأولى** يسقط ضوء أخضر أحادي اللون طول موجته 546 nm على شقّ مفرد عرضه 0.080 mm. ويقع الشقّ على بُعد 68.0 cm من شاشة. ما المسافة الفاصلة بين الهدب المعتم الأول على أحد جانبي الهدب المركزي المضيء والهدب المعتم الأول على الجانب الآخر؟

$$2x_{\text{أقل}} = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(2)(546\times10^{-9}\ \text{m})(68.0\times10^{-2}\ \text{m})}{0.080\times10^{-3}\ \text{m}}$$

$$= 9.3\ \text{mm}$$

**21. معيار ريليه** نجم الشِّعرى اليمانية (سيريوس) أكثر النجوم سطوعًا في السماء في فصل الشتاء في نصف الكرة الأرضية الشمالي. ونجم الشعِّرى – في الحقيقة– نظام مكوّن من نجمين يدور كل منهما حول الآخر، فإذا وجّه تلسكوب هابل الفضائي (قطر فتحته 2.4 m) نحو هذا النظام الذي يبعد 8.44 سنوات ضوئية عن الأرض، فما أقل مسافة فاصلة بين النجمين تلزمنا للتمييز بينهما باستخدام التلسكوب؟ (افترض أن متوسط الطول الموجي للضوء القادم من النجمين يساوي 550 m).

$$x_{\text{الجسم}} = \frac{1.22\,\lambda\,L_{\text{الجسم}}}{D}$$

$$= \frac{1.22\ (550\times10^{-9}\ \text{m})(7.99\times10^{16}\ \text{m})}{2.4\ \text{m}}$$

$$= 2.2\times10^{10}\ \text{m}$$

**22. التفكير الناقد** شاهدت جهاز مطياف، إلا أنك لا تعلم ما إذا كان الطيف الناتج عنه باستخدام منشور أو محزوز. كيف تعرف ذلك من خلال النظر إلى طيف الضوء الأبيض؟

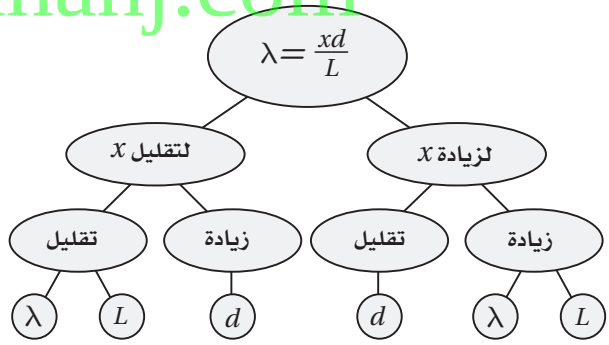
**حدّد ما إذا كان اللون البنفسجي أم الأحمر في نهاية الطيف يصنع زاوية أكبر مع اتجاه حزمة الضوء الأبيض الساقط. يكسر المنشور اللون البنفسجي الذي يقع في نهاية الطيف بدرجة أكبر، في حين يحيد المحزوز الأطوال الموجية للضوء الأحمر بمقدار أكبر.**

# تقويم الفصل

## خريطة المفاهيم

**صفحة 180**

**23.** يضيء ضوء أحادي اللون طوله الموجي λ شقّين في تجربة يونج. فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين $d$، وتكوّن نمط على شاشة تبعد مسافة L عن الشقّين، فأكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدمًا λ و L و $d$ لتبين كيف يمكنك تغييرها لتحصل على التغير المشار إليه في الفراغ بين الأهداب المضيئة المتجاورة $x$.




## إتقان المفاهيم

**صفحة 180**

**24.** لماذا يُعدّ استخدام ضوء أحادي اللون مهمًّا في تكوين نمط التداخل في تجربة التداخل ليونج؟ (1–12)

**عندما تستخدم الضوء الأحادي اللون، تحصل على نمط تداخل دقيق المعالم؛ وإذا كنت تستخدم ضوءًا أبيض فستحصل على مجموعة من الأهداب الملونة.**

**25.** وضّح لماذا لا يمكن استخدام موقع الهدب المركزي المضيء لنمط تداخل الشقّ المزدوج لحساب الطول الموجي لموجات الضوء؟ (1–12)

**الأطوال الموجية جميعها تنتج الهدب المركزي في الموقع نفسه.**

**26.** صف كيف يمكنك استخدام ضوء معلوم الطول الموجي لإيجاد المسافة بين شقّين؟ (1–12)

**أسقط الضوء على الشق المزدوج، ودع نمط التداخل يسقط على ورقة، ثم قس المسافات بين الأهداب المضيئة $x$، واستخدم المعادلة $d = \frac{\lambda L}{x}$.**

**27.** يشع ضوء أبيض خلال محزز حيود. هل تكون الفراغات بين الخطوط الحمراء الناتجة متقاربة أم متباعدة أكثر مقارنة بالخطوط البنفسجية الناتجة؟ ولماذا؟ (2–12)

**تتناسب المسافة طرديًّا مع الطول الموجي. ولمّا كان للضوء الأحمر طول موجي أطول منه للضوء البنفسجي، فإن الخطوط الحمراء ستفصلها مسافات أكبر من الخطوط البنفسجية.**

**28.** ما لون الضوء المرئي الذي ينتج خطًّا ساطعًا قريبًا جدًّا من الهدب المركزي المضيء بالنسبة لمحزوز حيود معين؟ (2–12)

**الضوء البنفسجي هو اللون ذو الطول الموجي الأقصر.**

**29.** لماذا يكون التلسكوب ذو القطر الصغير غير قادر على التمييز بين صورتين لنجمين متقاربين جدًّا؟ (2–12)

**للفتحات الصغيرة أنماط حيود كبيرة تُحدّ من القدرة على التمييز بين الصورتين.**

## تطبيق المفاهيم

**صفحة 181–180**

**30.** حدّد في كل من الأمثلة التالية ما إذا كان اللون ناتجًا عن التداخل في الأغشية الرقيقة، أم عن الانكسار، أم نتيجة وجود الأصباغ.

**a.** فقاعات الصابون

**التداخل**

**b.** بتلات الوردة

**الأصباغ**

**c.** غشاء زيتي

**التداخل**

www.almanahj.com

**d.** قوس المطر

**الانكسار**

**31.** صف التغيرات في نمط حيود الشقّ المفرد عندما يتناقص عرض الشقّ.

**تأخذ الأهداب في الاتساع، وتأخذ إضاءتها في الخفوت.**

**32. معرض العلوم** أحد المعروضات في معرض العلوم عبارة عن غشاء كبير جدًّا من الصابون ذي عرض ثابت تقريبًا، ويُضاء بواسطة ضوء طوله الموجي 432 nm، فيظهر السطح كاملا تقريبًا على شكل ظل أرجواني اللون. فماذا ستشاهد في الحالات التالية؟

**a.** عندما يتضاعف سمك الغشاء.

**تداخل هدّام كامل.**

**b.** عندما يزداد سمك الغشاء بمقدار نصف الطول الموجي للضوء الساقط.

**تداخل بنّاء كامل.**

**c.** عندما يتناقص سمك الغشاء بمقدار ربع الطول الموجي للضوء الساقط.

**تداخل هدّام كامل.**

**33. تحدّي مؤشر الليزر** إذا كان لديك مؤشرا ليزر، أحدهما ضوؤه أحمر، والآخر ضوؤه أخضر، واختلف زميلاك أحمد وفيصل في تحديد أيهما له طول موجي أكبر، وأصرّ أحمد على أن اللون الأحمر طوله الموجي أكبر، بينما فيصل متأكد أن الضوء الأخضر له طول موجي أكبر. فإذا كان لديك محزوز حيود فَصِف العرض الذي ستنفّذه بواسطة هذه الأداة، وكيف يمكنك توضيح النتائج التي توصّلت إليها لكل من أحمد وفيصل لحل الخلاف بينهما؟

**سلط كل مؤشر ليزر خلال المحزوز على جدار قريب، فسيُنتج الضوء ذو الطول الموجي الأكبر نقاطًا تفصلها مسافات كبيرة على الجدار؛ لأن المسافة بينها تتناسب طرديًّا مع الطول الموجي. (الصحيح هو قول أحمد: الطول الموجي للضوء الأحمر أكبر من الطول الموجي للضوء الأخضر).**

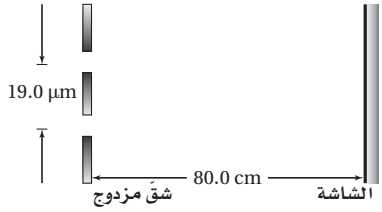
## إتقان حل المسائل

صفحة 181

### 12–1 التداخل

صفحة 181

**34.** يسقط ضوء على شقّين متباعدين بمقدار 19.0 µm، ويبعدان عن شاشة 80.0 cm، كما في **الشكل 12–17**. فإذا كان الهدب المضيء ذو الرتبة الأولى يبعد 1.90 cm عن الهدب المركزي المضيء فما مقدار الطول الموجي للضوء؟




■ **الشكل 12–17**

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$= \frac{(1.90\times10^{-2}\ \text{m})(19.0\times10^{-6}\ \text{m})}{80.0\times10^{-2}\ \text{m}}$$

$$= 451\ \text{nm}$$

**35. البقع النفطية** خرج أسامة وعمر في نزهة قصيرة بعد المطر، ولاحظَا طبقة نفطية رقيقة معامل انكسار مادتها 1.45 على سطح بركة صغيرة تُنتج ألوانًا مختلفة. ما أقل سمك لطبقة النفط، عندما تُكوّن تداخلا بنّاءً لضوء طوله الموجي 545 nm؟

**لا يوجد انقلاب في الطور، لذا سيحدث التداخل البنّاء عندما**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطبقة النفطية}}}$$

**وعند أقل سمك تكون**

$$m = 0$$

$$d = \left(\frac{1}{4}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطبقة النفطية}}}$$

$$= \frac{545\ \text{nm}}{(4)(1.45)}$$

$$= 94.0\ \text{nm}$$

www.almanahj.com

**36.** يوجّه علي مؤشر ليزر أحمر نحو ثلاث مجموعات من الشقوق المزدوجة المختلفة. فإذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين في المجموعة A 0.150 mm، وبُعد الشاشة عن الشقّين 0.60 m، أما في المجموعة B فكانت المسافة الفاصلة بين الشقّين 0.175 mm، وبُعد الشاشة عنهما 0.80 m، وفي المجموعة C كانت المسافة الفاصلة بين الشقّين 0.150 mm وبُعد الشاشة عنهما 0.80 m، فرتّب المجموعات الثلاث اعتمادًا على المسافة الفاصلة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المضيء ذي الرتبة الأولى، وذلك من المسافة الفاصلة الأصغر إلى الأكبر.

$$\lambda = \frac{xd}{L}$$

$$x = \frac{\lambda L}{d}$$

**لما كانت λ هي نفسها للمجموعات جميعها فإنه ينبغي أن تحسب المقدار $\frac{x}{\lambda}$؛ وذلك للمقارنة بين المجموعات.**

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{L}{d}$$

**المجموعة A:**

$$= \frac{0.60\ \text{m}}{1.50\times10^{-4}\ \text{m}}$$

$$= 4.0\times10^{3}$$

**المجموعة B:**

$$= \frac{0.80\ \text{m}}{1.75\times10^{-4}\ \text{m}}$$

$$= 4.6\times10^{3}$$

**المجموعة C:**

$$= \frac{0.80\ \text{m}}{1.50\times10^{-4}\ \text{m}}$$

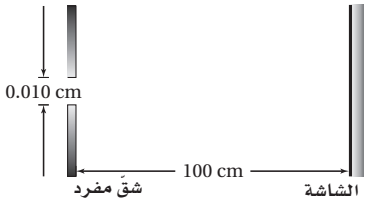
$$= 5.3\times10^{3}$$

$$x_C > x_B > x_A$$

## 12–2 الحيود

**صفحة 181**

**37.** يعبر ضوء أحادي اللون خلال شقّ مفرد عرضه 0.010 cm، ثم يسقط على شاشة تبعد عنه مسافة 100 cm، كما في **الشكل 18–12**. فإذا كان عرض الهدب المركزي المضيء 1.20 cm، فما مقدار الطول الموجي للضوء؟




**■ الشكل 18–12**

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$\lambda = \frac{xw}{L}$$

$$= \frac{(0.60\ \text{cm})(0.010\ \text{cm})}{100\ \text{cm}}$$

$$= 600\ \text{nm}$$

**38.** يمرّ ضوء طوله الموجي $4.5\times10^{-5}$ cm خلال شق مفرد ويسقط على شاشة تبعد 100 cm. فإذا كان عرض الشق 0.015 cm، فما مقدار المسافة بين مركز النمط والهدب المعتم الأول؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

**وتمثل الكمية $2x_1$ عرض الهدب المضيء، ولإيجاد المسافة بين مركز النمط والهدب المعتم الأول ينبغي التقسيم على 2.**

$$x_1 = \frac{\lambda L}{w}$$

$$= \frac{(4.5\times10^{-5}\ \text{cm})(100\ \text{m})}{0.015\ \text{cm}}$$

$$= 0.3\ \text{cm}$$

www.almanahj.com

**39.** يمر ضوء أحادي اللون طوله الموجي 425 nm خلال شقّ مفرد، ويسقط على شاشة تبعد 75 cm. فإذا كان عرض الحزمة المركزية المضيئة 0.60 cm، فما عرض الشقّ؟

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w}$$

$$w = \frac{2\lambda L}{2x_1}$$

$$= \frac{\lambda L}{x_1}$$

$$x_1 = \left(\frac{1}{2}\right)(2x_1)$$

$$= 0.30\ \text{cm}$$

$$w = \frac{(4.25\times10^{-5}\ \text{cm})(75\ \text{cm})}{0.30\ \text{cm}}$$

$$= 1.1\times10^{-2}\ \text{cm}$$

**40. المطياف** يستخدم في جهاز المطياف محزوز حيود يحوي 12000 خط/cm. أوجد الزاويتين اللتين توجد عندهما الأهداب المضيئة ذات الرتبة الأولى لكل من الضوء الأحمر الذي طوله الموجي 632 nm، والضوء الأزرق الذي طوله الموجي 421 nm.

$$d = \frac{1}{12000\ \text{خط/cm}}$$

www.almanahj.com

$$= 8.33\times10^{-5}\ \text{cm}$$

$$\lambda = d\sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{d}$$

**للضوء الأحمر**

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{6.32\times10^{-5}\ \text{cm}}{8.33\times10^{-5}\ \text{cm}}\right)$$

$$= 49.3^\circ$$

**للضوء الأزرق**

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{4.21\times10^{-5}\ \text{cm}}{8.33\times10^{-5}\ \text{cm}}\right)$$

$$= 30.3^\circ$$

## مراجعة عامة

صفحة 182

**41.** يوضع طلاء مانع للانعكاس معامل انكساره 1.2 على عدسة، فإذا كان سمك الطلاء 125 nm، فما لون/ألوان الضوء التي يحدث عندها تداخل هدّام بصورة كاملة؟ تلميح: افترض أن العدسة مصنوعة من الزجاج.

**لمّا كانت $n_{\text{الطلاء}} < n_{\text{الهواء}}$، فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الأول، ولمّا كانت:**

$$n_{\text{العدسة}} = 1.52 > n_{\text{الطلاء}}$$

**فإن هناك انقلابًا في الطور في الانعكاس الثاني.**

**وحتى يحدث التداخل الهدّام:**

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n_{\text{الطلاء}}}$$

$$\lambda = \frac{2dn_{\text{الطلاء}}}{\left(m + \frac{1}{2}\right)}$$

$$= \frac{(2)(125\ \text{nm})(1.2)}{\left(m + \frac{1}{2}\right)}$$

$$= \left(m + \frac{1}{2}\right)^{-1}(3.0\times10^{2}\ \text{nm})$$

**وعندما تكون، $m = 0$**

$$\lambda = \left(\frac{1}{2}\right)^{-1}(3.0\times10^{2}\ \text{nm})$$

$$= 6.0\times10^{2}\ \text{nm}$$

**لذا فإن الضوء مائل إلى الحمرة (محمر)–برتقالي. وبالنسبة إلى قيم أخرى لـ $m$ يكون الطول الموجي أقصر منه لهذا الضوء.**

## التفكير الناقد

صفحة 182

**42. تطبيق المفاهيم** سقط ضوء أصفر على محزوز حيود، فتكوّنت ثلاث بقع على الشاشة خلف المحزوز؛ إحداها عند الدرجة صفر حيث لا يحدث حيود، والثانية عند $30°+$، والثالثة عند $30°-$. فإذا أسقطتَ ضوءًا أزرق متماثل الشدة في اتجاه الضوء الأصفر نفسه، فما نمط البقع التي ستراها على الشاشة الآن؟

**بقعة خضراء عند $0°$، بقع صفراء عند $30° +$ و $30°-$، وبقعتان زرقاوان متقاربتان إلى حد ما.**

**43. تطبيق المفاهيم** يمر ضوء أزرق طوله الموجي $\lambda$ عبر شقّ مفرد عرضه w، حيث يظهر نمط حيود على شاشة. فإذا استخدمت الآن ضوءًا أخضر طوله الموجي $1.5\lambda$ بدلا من الضوء الأزرق، فكم يجب أن يكون عرض الشقّ للحصول على النمط السابق نفسه؟

**تعتمد زاوية الحيود على النسبة بين عرض الشق والطول الموجي، لذا يزيد العرض ليصبح $1.5\,w$.**

## الكتابة في الفيزياء

صفحة 182

**44.** ابحث، ثم صِف مساهمات العالم توماس يونج في الفيزياء. وقوّم تأثير أبحاثه في الفكر العلمي حول طبيعة الضوء.

**قد تختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن تجربة الشق المزدوج ليونج التي تتيح لهم القدرة على قياس الطول الموجي للضوء بدقة.**

**45.** ابحث ثم فسر دور الحيود في كل من الطب وعلم الفلك، وصِف على الأقل تطبيقين لكل منهما.

**قد تختلف إجابات الطلاب، ولكنها يجب أن تتضمن الحيود في التلسكوبات والميكروسكوبات والمطياف.**

www.almanahj.com

## مراجعة تراكمية

صفحة 182

**46.** ما الأطوال الموجية لموجات الميكروويف في فرن إذا كان ترددها 2.4 GHz؟ (الفصل 7)

$$c = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.4\times10^{9}\ \text{Hz}}$$

$$= 0.12\ \text{m}$$

**47.** وضع جسم طوله 2.0 cm أمام مرآة مقعرة نصف قطرها 48.0 cm، وعلى بُعد 12.0 cm منها. احسب بُعد الصورة وطولها. (الفصل 10)

$$f = \frac{r}{2}$$

$$= \frac{48.0\ \text{cm}}{2}$$

$$= 24.0\ \text{cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(12.0\ \text{cm})(24.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm} - 24.0\ \text{cm}}$$

$$= -24.0\ \text{cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-24.0\ \text{cm})(2.0\ \text{cm})}{12.0\ \text{cm}}$$

$$= 4.0\ \text{cm}$$

**48.** وضعت شمعة طولها 2.00 cm على بُعد 7.50 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 21.0 cm. استخدم معادلة العدسة الرقيقة لحساب بُعد الصورة وطولها. (الفصل 11)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$d_i = \frac{d_o f}{d_o - f}$$

$$= \frac{(7.50\ \text{cm})(21.0\ \text{cm})}{7.50\ \text{cm} - 21.0\ \text{cm}}$$

$$= -11.7\ \text{cm}$$

$$m \equiv \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

$$h_i = \frac{-d_i h_o}{d_o}$$

$$= \frac{-(-11.7\ \text{cm})(2.00\ \text{cm})}{7.50\ \text{cm}}$$

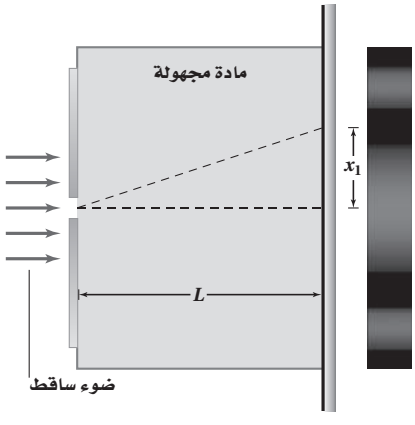
$$= 3.11\ \text{cm}$$

www.almanahj.com

## مسألة تحفيز

صفحة 169

لديك مجموعة من المواد غير المعروفة، وأردت أن تتعرف أنواعها باستخدام أدوات حيود الشقّ المفرد، فقرّرت وضع عينة من المادة المجهولة في المنطقة بين الشقّ والشاشة، واستخدمت البيانات التي حصلت عليها لتحديد نوع كل مادة، وذلك بحساب معامل الانكسار. اعتمادًا على ذلك، أجب عما يأتي:



**1.** اكتب صيغة عامة لمعامل الانكسار لمادة مجهولة بدلالة الطول الموجي للضوء في الفراغ $\lambda_{\text{الفراغ}}$، وعرض الشق w، والمسافة بين الشقّ والشاشة L، والمسافة بين الهدب المركزي المضيء والهدب المعتم الأول $x_1$.

**استخدم** $\lambda = \frac{x_{\text{الأقل}}\, w}{L}$ (1)

$v_{\text{المادة}} = \lambda_{\text{المادة}} f$ (2) **وكذلك**

$n_{\text{المادة}} = \frac{c}{v}$ (3)

**بناءً على دمج (2) و(3) فإن**

$$n_{\text{المادة}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} f}{\lambda_{\text{المادة}} f}$$

$$= \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{\lambda_{\text{المادة}}} \quad (4)$$

**تم اختصار التردد من البسط والمقام؛ لأنه يبقى ثابتًا عندما يقطع الضوء الحد الفاصل.**

www.almanahj.com

**أعد كتابة المعادلة (1) بدلالة المادة الموجودة في الفراغ بين الشق والشاشة.**

$\lambda_{\text{المادة}} = \frac{(x_{\text{الأقل}}\, w)}{L}$ (5)

**بناءً على دمج (4) و (5) وحل المعادلة الناتجة بالنسبة إلى المتغير $(x)$ نحصل على**

$$n_{\text{المادة}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{\frac{x_{\text{الأقل}}\, w}{L}}$$

$$x_{\text{أقل}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} L}{n_{\text{المادة}}\, w}$$

**2.** إذا كان الطول الموجي لضوء المصدر الذي تستخدمه 634 nm، وعرض الشقّ 0.10 mm، والبعد بين الشقّ والشاشة 1.15 m، وغمرت الأدوات في الماء ($n_{\text{المادة}} = 1.33$)، فكم تتوقع أن يكون عرض الهدب المركزي؟

$$x = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}} L}{n_{\text{المادة}}\, w}$$

$$= \frac{(634\times10^{-9}\,\text{m})(1.15\,\text{m})}{(1.33)(0.10\times10^{-3}\,\text{m})}$$

$$= 5.5\times10^{-3}\,\text{m}$$

## مسائل تدريبية

### 1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 44

1. ما طاقة إلكترون بوحدة الجول إذا كانت طاقته 2.3 eV؟

$$(2.3\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)=3.7\times10^{-19}\ \text{J}$$

2. إذا كانت سرعة إلكترون $6.2\times10^{6}\ \text{m/s}$ فما طاقته بوحدة eV؟

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$=\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.2\times10^{6}\ \text{m/s})^2$$
$$=(1.75\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=1.1\times10^{2}\ \text{eV}$$

3. ما سرعة الإلكترون في المسألة 1؟

$$m=9.11\times10^{-31}\ \text{kg},\ KE=\frac{1}{2}mv^2$$
$$v=\sqrt{\frac{2KE}{m}}=\sqrt{\frac{(2)(3.7\times10^{-19}\ \text{J})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$
$$=9.0\times10^{5}\ \text{m/s}$$

4. إذا كان جهد الإيقاف لخلية كهروضوئية 5.7 V فاحسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(5.7\ \text{J/C})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=5.7\ \text{eV}$$

5. يلزم جهد إيقاف مقداره 3.2 V لمنع سريان التيار الكهربائي في خلية ضوئية. احسب الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة بوحدة الجول.

$$KE=-qV_0$$
$$=-(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(3.2\ \text{J/C})$$
$$=5.1\times10^{-19}\ \text{J}$$

صفحة 46

6. احسب تردد العتبة للزنك بوحدة Hz، واقتران الشغل بوحدة eV، إذا كان طول موجة العتبة للزنك 310 nm.

$$f_0=\frac{c}{\lambda_0}=\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{310\times10^{-9}\ \text{m}}=9.7\times10^{14}$$
$$W=hf_0$$
$$=(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(9.7\times10^{14}\ \text{Hz})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$
$$=4.0\ \text{eV}$$

7. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV للإلكترونات المتحررة من السيزيوم عندما يسقط عليه ضوء بنفسجي طوله الموجي 425 nm إذا كان اقتران الشغل له 1.96 eV؟

$$KE_{max}=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-hf_0$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{425\ \text{nm}}-1.96\ \text{eV}$$
$$=0.960\ \text{eV}$$

8. تتحرر من فلز إلكترونات بطاقات 3.5 eV عندما يضاء بإشعاع فوق بنفسجي طوله الموجي 193 nm. ما مقدار اقتران الشغل لهذا الفلز؟

$$KE=hf-hf_0$$
$$hf_0=hf-KE=\frac{hc}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}-KE$$
$$=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{193\ \text{nm}}-3.5\ \text{eV}$$
$$=2.9\ \text{eV}$$

9. إذا كان اقتران الشغل لفلز 4.50 eV فما مقدار أكبر طول موجي للإشعاع الساقط عليه بحيث يكون قادرًا على تحرير إلكترونات منه؟

$$hf_0=4.50\ \text{eV}$$

أي أن:

$$\frac{hc}{\lambda_0}=4.50\ \text{eV}$$
$$\lambda_0=\frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.50\ \text{eV}}=276\ \text{nm}$$

www.almanahj.com

## مراجعة القسم

### 1–8 النموذج الجسيمي للموجات (صفحة 48–37)

صفحة 48

10. **التأثير الكهروضوئي** لماذا يكون الضوء ذو الشدة العالية والتردد المنخفض غير قادر على تحرير إلكترونات من فلز، في حين أن الضوء ذا الشدة المنخفضة والتردد العالي يستطيع ذلك؟ فسّر إجابتك.

**الضوء شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، وهو عديم الكتلة، ومع ذلك لديه طاقة حركية. وكل مرة يسقط فيها فوتون على سطح الفلز؛ فإنه يتفاعل فقط مع إلكترون واحد. والفوتون ذو التردد المنخفض لا يملك طاقة كافية لتحرير إلكترون من سطح الفلز، لأن الطاقة ترتبط مباشرة بالتردد وليس بالشدة، في حين الضوء ذو التردد العالي يستطيع تحقيق ذلك.**

11. **تردد إشعاع الجسم الساخن وطاقته** كيف يتغير تردد الإشعاع المقابل لأعلى شدة عندما ترتفع درجة حرارة الجسم؟ وكيف تتغير الكمية الكلية للطاقة المنبعثة؟

**إن كلًا من تردد قمة الشدة والطاقة الكلية المنبعثة يزدادان. إذ تزداد قمة الشدة بدلالة $T$، بينما تزداد الطاقة الكلية بدلالة $T^4$.**

12. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** سلّط عالمٌ أشعةَ X على هدف، فانطلق إلكترون من الهدف دون أن ينبعث أي إشعاع آخر. وضّح ما إذا كان هذا الحدث ناتجًا عن التأثير الكهروضوئي أم تأثير كومبتون.

**الحدث ناتج عن التأثير الكهروضوئي، وهو عبارة عن التقاط فوتون بواسطة إلكترون في المادة وانتقال طاقة الفوتون إلى الإلكترون.**

13. **التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون** ميّز بين التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون.

**تأثير كومبتون عبارة عن تشتت الفوتون بواسطة المادة، منتجًا فوتونًا له طاقة وزخم أقل، في حين التأثير الكهروضوئي عبارة عن انبعاث إلكترونات من الفلز عندما يسقط عليه إشعاع ذو طاقة كافية.**

14. **التأثير الكهروضوئي** اصطدم ضوء أخضر $\lambda=532\ nm$ بفلز ما، فحرر إلكترونات منه. إذا تم إيقاف هذه الإلكترونات باستخدام فرق جهد 1.44 V، فما مقدار اقتران الشغل للفلز بوحدة eV؟

$$E_{\text{الضوء الأخضر}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{532\ nm} = 2.33\ eV$$

$$KE_{\text{الإلكترون المتحرر}} = -qV$$

$$= -(-1.60\times10^{-19}\ C)(1.44\ J/C)\ \frac{1\ eV}{1.60\times10^{-19}\ J}$$

$$= 1.44\ eV$$

$$W = E_{\text{الضوء الأخضر}} - KE_{\text{الإلكترون المتحرر}}$$

$$= 2.33\ eV - 1.44\ eV$$

$$= 0.89\ eV$$

15. **طاقة فوتون** تنبعث فوتونات طولها الموجي 650 nm من مؤشر ليزر. ما مقدار طاقة هذه الفوتونات بوحدة eV؟

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{650\ nm} = 1.9\ eV$$

16. **التأثير الكهروضوئي** امتُصّت أشعة X في عظم، وحررت إلكترونًا. إذا كان الطول الموجي لأشعة X 0.02 nm تقريبًا، فقدّر طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ eV.nm}{0.02\ nm} = 6\times10^{4}\ eV$$

17. **تأثير كومبتون** أُسقطت أشعة X على عظم، فاصطدمت بإلكترون فيه وتشتت. كيف تقارن بين الطول الموجي لأشعة X المشتتة والطول الموجي لأشعة X الساقطة؟

**أشعة X المتشتتة لها طول موجي أكبر مقارنة بالأشعة الساقطة.**

18. **التفكير الناقد** تخيل أن تصادم كرتَيْ بلياردو ينمذج التفاعل الذي يحدث بين فوتون وإلكترون خلال تأثير كومبتون. افترض أن بروتونًا– وكتلته أكبر كثيرًا من كتلة الإلكترون– وُضع بدلاً من الإلكترون، فهل تكون الطاقة التي يكتسبها البروتون نتيجة التصادم مساوية لتلك التي يكتسبها الإلكترون؟ وهل تكون الطاقة التي يفقدها الفوتون مساوية لتلك التي يفقدها عندما يتصادم بالإلكترون؟

**إن الإجابة عن السؤالين هي لا، وكمثال على ذلك تستطيع كرة تنس نقل طاقة حركية أكثر لكرة لينة من الطاقة التي تنقلها لكرة بولينج.**

www.almanahj.com

## مسائل تدريبية

### 8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 50

**19.** تتدحرج كرة بولنج كتلتها 7.0 kg بسرعة 8.5 m/s، أجب عما يلي:

**a.** ما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للكرة؟

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(7.0\ \text{kg})(8.5\ \text{m/s})}$$

$$= 1.1\times10^{-35}\ \text{m}$$

**b.** لماذا لا تُظهر كرة البولنج سلوك موجي ملاحظ؟

**لأن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البولنج قصير جدًا، ولا يكفي لإحداث تأثيرات يمكن مشاهدتها.**

**20.** إذا تسارع إلكترون خلال فرق جهد 250 V، فاحسب مقدار سرعته وطول موجة دي برولي المصاحبة له.

$$\frac{1}{2}mv^2 = qv$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(250\ \text{J/C})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 9.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(9.4\times10^{6}\ \text{m/s})}$$

$$= 7.7\times10^{-11}\ \text{m}$$

**21.** ما مقدار فرق الجهد اللازم لمسارعة إلكترون بحيث يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 0.125 nm؟

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

أي أن: $p = \frac{h}{\lambda}$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = \frac{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2}{2m}$$

$$= \frac{\left(\frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{0.125\times10^{-9}\ \text{m}}\right)}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})}$$

$$= (1.544\times10^{-17}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 96.5\ \text{eV}$$

**أي انه يتسارع خلال فرق جهد مقدارة 96.5 V.**

**22.** طول موجة دي برولي للإلكترون في المثال 3 يساوي 0.14 nm. ما مقدار الطاقة الحركية بوحدة eV لبروتون ($m = 1.67\times10^{-27}$ kg) إذا كان له الطول الموجي نفسه؟

**طول موجة دي بولي المصاحبة يساوي:** $\lambda = \frac{h}{mv}$

**أي أن السرعة تساوي:** $v = \frac{h}{m\lambda}$

**عندئذ تكون الطاقة الحركية:**

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2 = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(0.14\times10^{-9}\ \text{m})^2}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 4.2\times10^{-2}\ \text{eV}$$

www.almanahj.com

## مراجعة القسم

### 8–2 موجات المادة (صفحة 51 –49)

صفحة 51

**23.** **الخصائص الموجية** صف التجربة التي أثبتت أن للجسيمات خصائص موجية.

**عندما تسقط حزمة من الإلكترونات على قطعة من الكريستال فإن الكريستال يعمل كمحزوز حيود؛ بحيث يجعل الإلكترونات تشكل نمط حيود. إن حيود الإلكترونات (الجسيمات) يشبه حيود الضوء (الموجات) خلال المحزوز.**

**24.** **الطبيعة الموجية** فسّر لماذا لا تظهر الطبيعة الموجية للمادة؟

**لأن الأطوال الموجية لمعظم الأجسام أصغر جدًا من أن يتم الكشف عنها.**

**25.** **طول موجة دي برولي** ما مقدار طول موجي دي برولي المصاحبة لإلكترون يتسارع خلال فرق جهد 125 V؟

$$v = \sqrt{\frac{-2qV}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{-2(-1.60\times10^{-19}\ \text{C})(125\ \text{V})}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}}$$

$$= 6.63\times10^{6}\ \text{m/s}$$

$$p = mv = (9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(6.63\times10^{6}\ \text{m/s})$$

$$= 6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{6.04\times10^{-24}\ \text{kg.m/s}}$$

$$= 1.10\times10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 0.110\ \text{nm}$$

**26.** **الأطوال الموجية للمادة والإشعاع** عندما يصطدم إلكترون بجسيم ثقيل فإن سرعة الإلكترون وطول موجته يتناقصان. بناء على ذلك، كيف يمكن زيادة الطول الموجي لفوتون؟

**إذا كان الفوتون يخضع لتشتت كومبتون مع هدف ثابت فإن الطول الموجي للفوتون سيزداد.**

**27.** **مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج** عندما يمر ضوء أو حزمة من ذرات خلال شق مزدوج فإنه يتكون نمط تداخل. وتحدث كلتا النتيجتين حتى عندما تمر الذرات أو الفوتونات خلال الشقين في الوقت نفسه. كيف يفسر مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج ذلك؟

**ينص مبدأ هيزنبرغ على أنه من غير الممكن قياس زخم جسيم وتحديد موقعه بدقة في الوقت نفسه، فإذا استطعت تحديد الموقع الدقيق لفوتون أو ذرة عندما تعبر خلال الشق فإنك لن تستطيع معرفة زخمه بدقة. لذلك فإنك لن تكون متأكدًا من أي الشقوق قد عبرت الحزمة الناتجة عن توزيع الفوتونات أو الذرات التي يمكن مشاهدتها في نمط التداخل.**

**28.** **التفكير الناقد** ابتكر الفيزيائيون مؤخرًا محزوز حيود للموجات الضوئية الموقوفة (المستقرة). وتكوِّن الذرات التي تمر خلال المحزوز نمط تداخل. إذا كانت المسافة الفاصلة بين الشقوق $\frac{1}{2}\lambda$ (250 nm تقريبًا) فما مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للذرات تقريبًا؟

**لمحزوز الحيود يكون $\lambda = d\sin\theta$، حيث $d$ البعد بين الشقوق و$\theta$ زاوية الفصل بين القمم المتتالية. لذلك فإن طول موجة دي برولي تعطى بالعلاقة:**

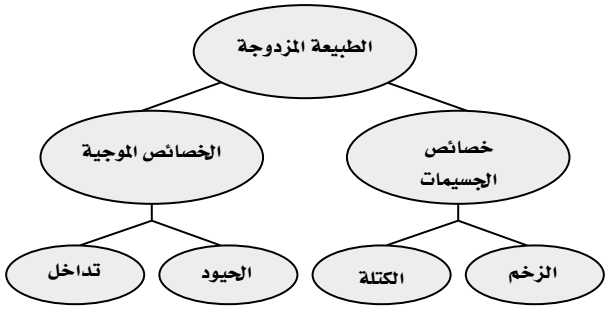
**$\lambda = (250\ \text{nm})\sin\theta$، إذا اعتبرنا أن $\sin\theta = 0.1$ تقريبًا فإن طول موجة دي برولي تساوي بضع عشرات من النانومتر.**

# تقويم الفصل

## خريطة المفاهيم

صفحة 56

**29.** أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: الطبيعة المزدوجة، الكتلة، الخصائص الموجية، الزخم، الحيود.




## إتقان المفاهيم

صفحة 56

**30.** **الضوء المتوهج** يضبط مصباح كهربائي متوهج باستخدام مفتاح تحكم. ماذا يحدث للون الضوء الصادر عن المصباح عند إدارة مفتاح التحكم إلى أقل قراءة؟

**يصبح الضوء أكثر إحمرارًا**

**31.** وضّح مفهوم تكميته الطاقة.

**تكميم الطاقة يعني أن الطاقة توجد على شكل مضاعفات صحيحة لكمية ما.**

**32.** ما الذي تم تكمية في تفسير ماكس بلانك لإشعاع الأجسام المتوهجة؟

**إن الطاقة الاهتزازية للذرات المتوهجة مكمّمة.**

**33.** ماذا تسمى كمّات الضوء؟

**الفوتونات.**

**34.** سُلِّط ضوء على مهبط خلية ضوئية، وكان تردد الضوء أكبر من تردد العتبة لفلز المهبط. كيف تفسر نظرية أينشتاين للتأثير الكهروضوئي حقيقة زيادة تيار الإلكترونات الضوئية كلما زادت شدة الضوء؟

**كل فوتون يحرر إلكترونًا ضوئيًا، والضوء ذو الشدة العالية يحتوي على عدد فوتونات أكثر لكل ثانية؛ لذا يسبب تحرير عدد إلكترونات ضوئية أكثر لكل ثانية.**

www.almanahj.com

**35.** وضح كيف فسّرت نظرية أينشتاين حقيقة أن الضوء الذي تردده أقل من تردد العتبة لفلز لا يحرر إلكترونات ضوئية منه، بغض النظر عن شدة الضوء؟

**الفوتونات ذات التردد الأقل من تردد العتبة ليس لها طاقة كافية لتحرير إلكترون. أما إذا ازدادت شدة الضوء فإن عدد الفوتونات يزداد ولكن طاقتها لا تزداد، وتبقى الفوتونات غير قادرة على تحرير إلكترون.**

**36.** **الفيلم الفوتوجرافي** لأن أنواعًا معينة من أفلام الأبيض والأسود ليست حساسة للضوء الأحمر، فإنه يمكن تحميضها في غرفة مظلمة مضاءة بضوء أحمر. فسّر ذلك بناءً على نظرية الفوتون للضوء.

**فوتونات الضوء الأحمر ليس لها طاقة كافية لإحداث تفاعل كيميائي مع الفيلم الذي يتعرض له.**

**37.** كيف أظهر تأثير كومبتون أن للفوتونات زخمًا، كما أن لها طاقة.

**تنقل التصادمات المرنة كلًّا من الزخم والطاقة للفوتونات فقط إذا كان لها زخم يمكنها من تحقيق المعادلات.**

**38.** الزخم $p$ لجسيم مادي يعطى بالمعادلة $p = mv$. هل تستطيع حساب زخم فوتون مستخدمًا المعادلة نفسها؟ وضح إجابتك.

**لا. لأن استخدام هذه المعادلة تجعل زخم الفوتون صفرًا لأن الفوتونات مهملة الكتلة. وهذه النتيجة غير صحيحة لأن الفوتونات المهملة الكتلة زخمها ليس صفرًا.**

**39.** وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للإلكترون:

**a.** الشحنة

**وازن بين قوة الجذب مع قوة المجال الكهربائي المؤثرتين في الشحنة.**

**b.** الكتلة

**وازن بين قوة المجال الكهربائي مع قوة المجال المغناطيسي لإيجاد $\frac{m}{q}$، ثم استخدم قيمة $q$ المقيسة.**

**c.** الطول الموجي

**شتت الإلكترونات عن سطح الكريستال وقم بقياس زوايا الحيود.**

**40.** وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون:

**a.** الطاقة

**قس الطاقة الحركية *KE* للإلكترونات المتحررة من الفلز بطولين موجيين مختلفين على الأقل. أو قس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من معدن معلوم عند طول موجي واحد فقط.**

**b.** الزخم

**قس التغير في الطول الموجي لأشعة X المشتتة بواسطة المادة.**

**c.** الطول الموجي.

**قس زاوية الحيود عندما ينفذ الضوء خلال شقين أو محزوز حيود، وقس عرض نمط الحيود للشق المفرد، أو قس الزاوية التي ينحرف الضوء عندها عند نفاذه خلال المنشور.**

## تطبيق المفاهيم

صفحة 57–56

www.almanahj.com

**41.** استخدم طيف الانبعاث لجسم متوهج عند ثلاث درجات حرارة مختلفة كما في **الشكل 1–8** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

**a.** عند أي تردد تكون شدة الانبعاث أكبر ما يكون لكل من درجات الحرارة الثلاث؟

**4000 k: ~$2.5\times10^{14}$ Hz, 5800 k: ~$3.5\times10^{14}$ Hz, 8000 k: ~$4.6\times10^{14}$ Hz.**

**b.** ماذا تستنتج عن العلاقة بين التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن وبين درجة حرارة الجسم المتوهج؟

**يزداد التردد الذي تكون عنده شدة الإشعاع المنبعث أكبر ما يمكن بزيادة درجة الحرارة.**

**c.** بأي مُعامل تتغير شدة الضوء الأحمر المنبعث عندما تزداد درجة الحرارة من 4000 k إلى 8000 k؟

**تزداد شدة الجزء الأحمر من الطيف من 0.5 إلى 9.2 تقريبًا، وتكون الزيادة بمعامل أكبر قليلا من 18.**

**42.** وضع قضيبان من الحديد في النار، فتوهج أحدهما

باللون الأحمر الداكن، بينما توهج الآخر باللون البرتقالي الساطع. أي القضيبين:

**a.** أكثر سخونة؟

**البرتقالي الساطع.**

**b.** يشع طاقة أكبر؟

**البرتقالي الساطع.**

**43.** هل يحرر ضوء تردده كبير عددًا أكبر من الإلكترونات من سطح حساس للضوء مقارنة بضوء تردده أقل، مع افتراض أن كلا الترددين أكبر من تردد العتبة؟

**ليس ضرُوريًا، إذ يتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة طرديًا مع عدد الفوتونات الساقطة أو مع شدة الضوء وليس مع تردده.**

**44.** تنبعث إلكترونات ضوئية من البوتاسيوم عندما يسقط عليه ضوء أزرق، في حين تنبعث إلكترونات ضوئية من التنجستن عندما يسقط عليه أشعة فوق بنفسجية. أي الفلزين:

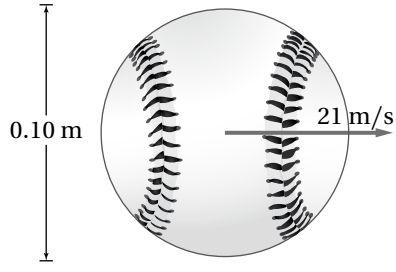
**a.** له تردد عتبة أكبر؟

**الضوء الأزرق له تردد وطاقة أقل من الضوء فوق البنفسجي، لذلك فإن التنجستن له تردد عتبة أكبر.**

**b.** له اقتران شغل أكبر؟

**التنجستن.**

**45.** قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في **الشكل 10–8** بقطر الكرة.




**■ الشكل 10–8**

**قطر كرة البيسبول 0.10 m تقريبًا بينما طول موجة دي برولي $10^{-34}$m، وبذلك يكون قطر كرة البيسبول أكبر $10^{33}$ مرة من الطول الموجي لموجة دي برولي المصاحب لها.**

## إتقان حل المسائل

### 8–1 النموذج الجسيمي للموجات

**صفحة 58–57**

**46.** اعتمادًا على نظرية بلانك، كيف يتغير تردد اهتزاز ذرة إذا بعثت طاقة مقدارها $5.44\times10^{-19}$ J عندما تغيّرت قيمة n بمقدار 1؟

$$E=nhf$$

**لذا:**

$$f=\frac{E}{nh}=\frac{5.44\times10^{-19}\text{ J}}{(1)(6.63\times10^{-34}\text{ J.s})}$$

$$=8.21\times10^{14}\text{ Hz}$$

**47.** ما مقدار فرق الجهد اللازم لإيقاف إلكترونات طاقتها الحركية العظمى $4.8\times10^{-19}$ J؟

$$KE=-qV_0$$

**أي:**

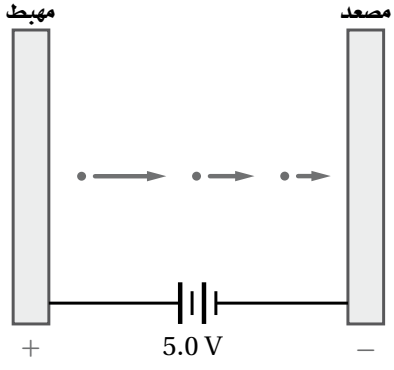
$$V_0=\frac{KE}{-q}=\frac{4.8\times10^{-19}\text{ C}}{-(-1.60\times10^{-19}\text{ C})}=3.0\text{ V}$$

**48.** ما زخم فوتون الضوء البنفسجي الذي طوله الموجي $4.0\times10^{2}$ nm؟

$$p=\frac{h}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{4.0\times10^{-7}\text{ m}}$$

$$=1.7\times10^{-27}\text{ kg.m/s}$$

**49.** جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في **الشكل 11–8**. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟




**■ الشكل 11–8**

**a.** الإلكترون فولت

$$KE=-qV_0$$

$$=-(-1\text{ e})(5.0\text{ V})$$

$$=5.0\text{ eV}$$

www.almanahj.com

**b.** الجول

$$\left(\frac{5.0\ \text{eV}}{1}\right)\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)$$
$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{J}$$

**50.** تردد العتبة لفلز معين $3.00\times10^{14}\ \text{Hz}$. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طوله الموجي $6.50\times10^{2}\ \text{nm}$؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h\left(\frac{c}{\lambda} - f_0\right)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})$$
$$\left(\frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.50\times10^{-7}\ \text{m}} - 3.00\times10^{14}\ \text{Hz}\right)$$
$$= 1.07\times10^{-19}\ \text{J}$$

**51.** ما مقدار الشغل اللازم لتحرير إلكترون من سطح الصوديوم إذا كان تردد العتبة له $4.4\times10^{14}\ \text{Hz}$؟

$$\text{الشغل} = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(4.4\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 2.9\times10^{-19}\ \text{J}$$

**52.** إذا سقط ضوء تردده $1.00\times10^{15}\ \text{Hz}$ على الصوديوم في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= h(f - f_0)$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})$$
$$(1.00\times10^{15}\ \text{Hz} - 4.4\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 3.7\times10^{-19}\ \text{J}$$

**53.** **مقياس الضوء** يستعمل مقياس الضوء الفوتوجرافي خلية ضوئية لقياس الضوء الساقط على الجسم المراد تصويره. كم يجب أن يكون اقتران الشغل لمادة المهبط حتى تكون الخلية الضوئية حساسة للضوء الأحمر ($\lambda = 680\ \text{nm}$) كحساسيتها للألوان الأخرى للضوء؟

$$W = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{680\ \text{nm}}$$
$$= 1.8\ \text{eV}$$

**54.** **الطاقة الشمسية** يُستهلك $4\times10^{-11}\ \text{J}$ من الطاقة كل عام في الاستخدامات المنزلية في دولة ما. إذا كانت أشعة الشمس تسقط على بعض أجزاء هذه الدولة لمدة 3000 h كل عام، فأجب عما يلي:

**a.** ما مقدار الطاقة الشمسية التي تسقط على المتر المربع الواحد كل عام؟

**تستقبل الأرض $1000\ \text{J/m}^2$ في كل ثانية، أي:**

$$E = (1000\ \text{J/m}^2\text{.s})\left(\frac{3600\ \text{s}}{\text{h}}\right)\left(\frac{3000\ \text{h}}{\text{y}}\right)$$
$$= 1\times10^{10}\ \text{J/m}^2 \text{ كل عام}$$

**b.** إذا كان بالإمكان تحويل هذه الطاقة الشمسية إلى طاقة مفيدة بكفاءة 20%، فما مقدار المساحة التي يجب استخدامها لإنتاج طاقة مساوية لتلك التي تستهلك في المنازل.

$$\text{المساحة} = \frac{4\times10^{11}\ \text{J}}{(0.2)(1\times10^{10}\ \text{J/m}^2)}$$
$$= 2\times10^{2}\ \text{m}^2$$

www.almanahj.com

## 8–2 موجات المادة

صفحة 58

**55.** ما مقدار طول موجة برولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة $3.0\times10^{6}\ \text{m/s}$؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(3.0\times10^{6}\ \text{m/s})}$$
$$= 2.4\times10^{-10}\ \text{m}$$
$$= 0.24\ \text{nm}$$

**56.** ما مقدار السرعة التي يجب أن يتحرك بها إلكترون لتكون طول موجة دي برولي المصاحبة له $3.0\times10^{-10}\ \text{m}$؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$v = \frac{h}{m\lambda}$$
$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(3.0\times10^{-10}\ \text{m})}$$
$$= 2.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

**57.** يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهبطية من السكون خلال فرق جهد $5.0 \times 10^3$ V. ما مقدار:

**a.** سرعة الإلكترون؟

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV$$

$$v = \sqrt{\frac{qV}{\frac{1}{2}m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{(1.60\times10^{-19}\text{ C})(5.0\times10^{3}\text{ V})}{\left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\text{ kg})}}$$

$$= 4.2\times10^{7}\text{ m/s}$$

**b.** الطول الموجي المصاحب للإلكترون؟

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(4.2\times10^{7}\text{ m/s})}$$

$$= 1.7\times10^{-11}\text{ m} = 0.017\text{ nm}$$

**58.** احتُجز نيوترون طاقته الحركية 0.02 eV فقط.

**a.** ما سرعة النيوترون؟

$$KE = (0.02\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})$$

$$= 3.2\times10^{-21}\text{ J}$$

$$= \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(3.2\times10^{-21}\text{ J})}{1.67\times10^{-27}\text{ kg}}}$$

$$= 1.96\times10^{3}\text{ m/s}$$

**b.** أوجد طول موجة دي برولي المصاحبة للنيوترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J.s}}{(1.67\times10^{-27}\text{ kg})(1.96\times10^{3}\text{ m/s})}$$

$$= 2.03\times10^{-10}\text{ m}$$

**59.** إذا كانت الطاقة الحركية لإلكترون ذرة الهيدروجين 13.65 eV فاحسب:

**a.** مقدار سرعة الإلكترون.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{(2)(13.65\text{ eV})(1.60\times10^{-19}\text{ J/eV})}{9.11\times10^{-31}\text{ kg}}}$$

$$= 2.19\times10^{6}\text{ m/s}$$

**b.** مقدار طول موجة دي برولي المصاحبة للإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ kg.m/s}}{(9.11\times10^{-31}\text{ kg})(2.19\times10^{6}\text{ m/s})}$$

$$= 0.332\text{ nm}$$

**c.** محيط ذرة الهيدروجين ثم قارنه بطول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون الذرة. علمًا بأن نصف قطر ذرة الهيدروجين 0.519 nm.

$$C = 2\pi r$$

$$= (2\pi)(0.519\text{ nm}) = 3.26\text{ nm}$$

**أي أن المحيط يساوي 10 أطوال موجية مكتملة.**

**60.** إذا كان طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 0.18 nm

**a.** فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

**طول موجة دي بولي:** $\lambda = \frac{h}{mv}$

**ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة:** $v = \frac{h}{m\lambda}$

**الطاقة الحركية عندها تساوي:** $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

www.almanahj.com

**وباستخدام مصطلح فرق الجهد فإن الطاقة الحركية تساوي:** $KE = qV$

**وباستخدام العلاقتين السابقتين للطاقة الحركية فإن فرق الجهد $V$ يساوي:**

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 47\ \text{V}$$

**b.** إذا كان طـول موجـة دي برولـي المصاحبة لبروتون 0.18 nm فمـا مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

**باستخدام الإشتقاق السابق فإن فرق الجهد يساوي:**

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$
$$= 0.025\ \text{V}$$

## مراجعة عامة

**صفحة 59–58**

www.almanahj.com

**61.** ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة من فلز إذا كان جهد إيقافها 3.8 V؟

$$KE = -qV_0 = -(-1\ \text{e})(3.8\ \text{V}) = 3.8\ \text{eV}$$

**62.** إذا كان تردد العتبة لفلز ما $8.0\times10^{14}$ Hz، فما اقتران الشغل له؟

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(8.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

**63.** إذا سقط ضوء تردده $1.6\times10^{15}$ Hz على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

$$KE = hf - hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.6\times10^{15}\ \text{Hz}) - 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$
$$= 5.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

**64.** احسب طول موجة دي برولي المصاحبة لديوترون (نواة نظير الهيدروجين $^2$H) كتلته $3.3\times10^{-27}$ kg ويتحرك بسرعة $2.5\times10^4$ m/s.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})}{(3.3\times10^{-27}\ \text{kg})(2.5\times10^4\ \text{m/s})}$$
$$= 8.0\times10^{-12}\ \text{m}$$

**65.** إذا كان اقتران الشغل للحديد 4.7 eV

**a.** فما مقدار طول موجة العتبة له؟

$$W = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{W} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{4.7\ \text{eV}}$$

$$= 2.6\times10^{2}\ \text{nm}$$

**b.** إذا أُسقط إشعاع طوله الموجي 150 nm على الحديد، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة بوحدة eV؟

$$KE = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{150\ \text{nm}} - 4.7\ \text{eV}$$

$$= 3.6\ \text{eV}$$

**66.** إذا كان اقتران الشغل للباريوم 2.48 eV، فما أكبر طول موجي للضوء يستطيع تحرير إلكترونات منه؟

$$\text{اقتران الشغل} = 2.48\ \text{eV} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

أي:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{2.48\ \text{eV}}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.48\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)}$$

$$= 5.01\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$= 501\ \text{nm}$$

**67.** طول موجة دي برولي المصاحبة لإلكترون 400.0 nm، وهي تساوي أقصر طول موجي للضوء المرئي. احسب مقدار:

**a.** سرعة الإلكترون.

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

أي:

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(400.0\times10^{-9}\ \text{m})}$$

$$= 1.82\times10^{3}\ \text{m/s}$$

**b.** طاقة الإلكترون بوحدة eV.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.82\times10^{3}\ \text{m/s})^2$$

$$\left(\frac{\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 9.43\times10^{-6}\ \text{eV}$$

**68.** **المجهر الإلكتروني** يعدّ المجهر الإلكتروني مفيدًا لأنه يمكن جعل الأطوال الموجية لموجات دي برولي المصاحبة للإلكترونات أقصر من الطول الموجي للضوء المرئي. ما مقدار الطاقة (بوحدة eV) اللازم تزويدها لإلكترون حتى يكون طول موجة دي برولي المصاحبة له 20.0 nm؟

**طول موجة دي بولي:** $\lambda = \frac{h}{mv}$

**ومنها فإن السرعة تعطى بالعلاقة:** $v = \frac{h}{m\lambda}$

**الطاقة الحركية عندها تساوي:** $KE = \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

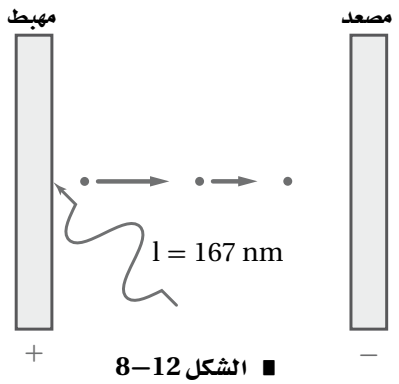
$$= \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

$$= \left(\frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(20.0\times10^{-9}\ \text{m})^2}\right)$$

$$\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

$$= 3.77\times10^{-3}\ \text{eV}$$

**69.** يسقط إشعاع على قصدير، كما في **الشكل 12–8**. إذا كان تردد العتبة للقصدير $1.2\times10^{15}$ Hz فما مقدار:




■ **الشكل 12–8**

**a.** طول موجة العتبة للقصدير؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{1.2\times10^{15}\ \text{Hz}} = 2.5\times10^{-7}\ \text{m}$$

www.almanahj.com

**b.** اقتران الشغل للقصدير؟

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(1.2\times10^{15}\ \text{Hz})$$
$$= 8.0\times10^{-19}\ \text{J}$$

**c.** الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة بوحدة eV، إذا كان الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط 167 nm؟

$$KE_{\text{عظمى}} = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{167\times10^{-9}\ \text{m}} - 8.0\times10^{-19}\ \text{J} = 3.9\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$KE_{\text{عظمى}}(\text{eV}) = (3.9\times10^{-19}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.4\ \text{eV}$$

## التفكير الناقد

صفحة 60–59

**70.** **تطبيق المفاهيم** يبعث مصدر ليزر هيليوم– نيون فوتونات طولها الموجي 632.8 nm.

**a.** احسب مقدار الطاقة بوحدة الجول لكل فوتون يُبعث من الليزر.

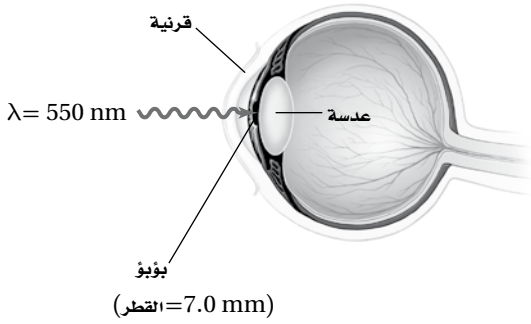
**كل فوتون يمتلك طاقة تساوي:** $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{632.8\times10^{-9}\ \text{m}}$$
$$= 3.14\times10^{-19}\ \text{J}$$

**b.** إذا كانت قدرة مصدر ليزر صغير تقليدي 0.5 mW تكافئ ($5\times10^{-4}$ J/s)، فما عدد الفوتونات المنبعثة من مصدر الليزر في كل ثانية؟

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5\times10^{-4}\ \text{J/s}}{3.14\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$
$$= 2\times10^{15}\ \text{فوتون/s}$$

**71.** تطبيق المفاهيم يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في الشكل 13–8.




**الشكل 13–8** ■

**a.** إذا سلط هذا الضوء على عين الإنسان ومر خلال بؤبؤ عينه، فما مقدار القدرة التي تدخل عينه بوحدة الواط؟

**القدرة = (شدة الضوء)(المساحة)**
$$= (\text{شدة الضوء})(\pi r^2)$$
$$= (1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2)(\pi(3.5\times10^{-3}\ \text{m})^2)$$
$$= 5.8\times10^{-16}\ \text{W}$$

**b.** استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المُعطاة في **الشكل 13–8** لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.

**طاقة كل فوتون:** $E = \frac{hc}{\lambda}$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{550\times10^{-9}\ \text{m}}$$
$$= 3.62\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$n = \frac{P}{E} = \frac{5.8\times10^{-16}\ \text{J/s}}{3.62\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$
$$= 1600\ \text{فوتونات/s}$$

www.almanahj.com

**72. إنشاء الرسوم البيانية واستخدامها** أكمل طالب تجربة التأثير الكهروضوئي، وسجّل جهد الإيقاف كدالة رياضية في الطول الموجي، كما في **الجدول 1–8**. وكان مهبط الخلية الضوئية مصنوع من الصوديوم. عيّن البيانات (جهد الإيقاف مقابل التردد) واستعمل الآلة الحاسبة لرسم أفضل خط مستقيم. استخدم الميل والمقطع وأوجد اقتران الشغل، وطول موجة العتبة، ومقدار $\frac{h}{q}$ في هذه التجربة. قارن قيمة $\frac{h}{q}$ مع القيمة المقبولة.

**الجدول 1–8**

| جهد الإيقاف مقابل الطول الموجي | |
|---|---|
| $\lambda$ (nm) | $V_0$ (eV) |
| 200 | 4.20 |
| 300 | 2.06 |
| 400 | 1.05 |
| 500 | 0.41 |
| 600 | 0.03 |

**حوّل الطول الموجي إلى تردد ، ثم مثّل البيانات بعد ذلك بيانيًّا، ثم حدد أفضل ميل للخط المستقيم من الرسم البياني.**

$$\text{الميل} = 4.18\times10^{-15}\ \text{V/Hz}$$
$$= 4.18\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

**القيمة المقبولة تساوي :**

$$\frac{h}{e} = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})}{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}$$
$$= 4.14\times10^{-15}\ \text{J/Hz.C}$$

**من الرسم البياني يكون تردد العتبة :**

$$f_0 = 4.99\times10^{14}\ \text{Hz},$$

**والذي يعطي طول موجة العتبة من خلال:**

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.99\times10^{14}\ \text{Hz}} = 601\ \text{nm}$$

**ويكون الشغل يساوي :**

$$W = hf_0$$
$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(4.99\times10^{14}\ \text{Hz})$$
$$= 3.31\times10^{-19}\ \text{J}$$

## الكتابة في الفيزياء

صفحة 60

**73.** في ضوء ما درسته عن مبدأ عدم التحديد .إبحث عن الحتمية وعدم التحديد في الفيزياء لهيزنبرج وأكتب بحثًا عن ذلك.

**ستختلف الإجابات ويجب أن تتضمن: أن مبدأ هيزنبرج يتضمن أنه لا يمكن قياس خاصيتين فيزيائيتين (كالموقع والزخم) لجسيم (كالإلكترون) بلحظة واحدة معينة دون وجود قدر من عدم التأكد من دقة القياس لإحدى الخاصيتين، فإذا عرفنا موقع الإلكترون بلحظة ما أصبح مستحيلًا معرفة زخمه بالدقة نفسها. وينتج عدم التحديد عن عملية القياس نفسها، والتي تؤثر فيها أجهزة القياس على الكميات المقيسة، بما فيها الضوء المستخدم نفسه. فعلى هذا المستوي فإنه عند التعامل مع ذرات أو جزيئات أو جسيمات أولية نقوم بتصويب فوتونات لقياس سرعة هذه الجسيمات بدقة معينة، ثم نصوب فوتونات أخرى لقياس موضع هذه الجسيمات. ونظرًا لأن الفوتونات لها طاقة تقوم بدفع الجسيم عند الاصطدام به فيتغير موقعه، وبالتالي فإننا لا نستطيع تحديد موقعه بدقة ولا تحديد زخمه بدقة.**

www.almanahj.com

## مراجعة تراكمية

صفحة 60

**74.** يتحرك شعاع من الالكترونات بسرعة $2.8\times10^{8}\ \text{m/s}$ في مجال كهربائي مقداره $1.4\times10^{4}\ \text{N/C}$ ما مقدار المجال المغناطيسي الذي يجب أن تتحرك خلاله الالكترونات حتى تحافظ على حركتها فيه دون انحراف؟

$$v = \frac{E}{B}$$

$$B = \frac{E}{v} = \frac{1.4\times10^{4}\ \text{N/C}}{2.8\times10^{8}\ \text{m/s}}$$

$$= 5.0\times10^{-5}\ \text{T} = 5.0\times10^{1}\ \mu\text{T}$$

## تابع الفصل 8

## مسألة تحفيز

**صفحة 45**

افـترض أن قطعـة نقدية كتلتها 5.0 g معلقـة بنابض تهتز إلى أعلى وإلى أسفل، وكانت السرعة القصوى لهذه القطعة في أثناء اهتزازها 1.0 cm/s. اعتـبر أن قطعة النقـد المهتزة تمثِّل الاهتزازات الكمية للإلكترونـات في الذرة، حيث تعطى طاقة الاهتـزازات بالمعادلة $E = nhf$.

**1.** احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم المهتز.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(5.0\times10^{-3}\ \text{kg})(1.0\times10^{-2}\ \text{m/s})^2$$

$$= 2.5\times10^{-7}\ \text{J}$$

www.almanahj.com

**2.** يبعـث الجسـم المهتـز طاقـة علـى شـكل ضـوء بتردد $5.0\times10^{14}$ Hz إذا كانـت هـذه الطاقة تُبعث في مرحلة واحدة فاحسب الطاقة التي يفقدها الجسم.

$$E = hf$$

$$= (6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(5.0\times10^{14}\ \text{Hz})$$

$$= 3.3\times10^{-19}\ \text{J}$$

**3.** حدد عدد المراحل التي ستقل فيها طاقة الجسم بمقادير متساوية من أجل أن يفقد طاقته كلها.

$$\text{عدد المراحل} = \frac{2.5\times10^{-7}\ \text{J}}{3.3\times10^{-19}\ \text{J/مرحلة}}$$

$$= 7.6\times10^{11}\ \text{مراحل}$$

## مسائل تدريبية

### 9–1 نموذج بور الذري صفحة (63– 76)

صفحة 74

**1.** احسب طاقة المستويات التالية لذرة الهيدروجين: الثاني، والثالث والرابع.

$$E_n = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2}$$

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

**2.** احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة $E_3$ ومستوى الطاقة $E_2$ في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_3 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{9} - \frac{1}{4}\right) = 1.89\ \text{eV}$$

**3.** احسب فرق الطاقة بين مستوى الطاقة $E_4$ ومستوى الطاقة $E_2$ في ذرة الهيدروجين.

$$\Delta E = E_4 - E_2 = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{2^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4}\right) = 2.55\ \text{eV}$$

**4.** النص الآتي يمثل حل المعادلة $r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 kmq^2}$ عندما $n = 1$، فإن نصف القطر يكون هو الأصغر لمستويات ذرة الهيدروجين. لاحظ أنه – ماعدا $n^2$ – فإن كل المعطيات الأخرى في المعادلة ثابتة. وقيمة $r_1$ تساوي $5.3 \times 10^{-11}$ m، أو 0.053 nm. استخدم هذه المعلومات في حساب أنصاف أقطار مستويات الطاقة الثاني والثالث والرابع في ذرة الهيدروجين.

$$r_n = n^2 k$$

حيث $k = 5.3\times10^{-11}\ \text{m}$

(حيث استخدمت k بدلًا عن كل الثوابت في المعادلة)

$$r_2 = (2)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 2.1\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.21\ \text{nm}$$

$$r_3 = (3)^2\ (5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 4.8\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.48\ \text{nm}$$

$$r_4 = (4)^2(5.3\times10^{-11}\ \text{m})$$

$$= 8.5\times10^{-10}\ \text{m} \quad \text{أو}$$

$$= 0.85\ \text{nm}$$

**5.** قطر نواة ذرة الهيدروجين $2.5 \times 10^{-15}$ m، والمسافة بين النواة والإلكترون الأول $5 \times 10^{-11}$ m تقريبًا. إذا استخدمت كرة قطرها 7.5 cm لتمثل النواة فكم يكون بُعد الإلكترون؟

$$\frac{x}{0.075\ \text{m}} = \frac{5\times10^{-11}\ \text{m}}{2.5\times10^{-15}\ \text{m}}$$

$$x = 2\times10^{3}\ \text{m} = 2\ \text{km},$$

**أي ما يقارب ميل واحد.**

صفحة 75

**6.** أوجد الطول الموجي للضوء المنبعث في المسائل 2 و 3. أي الخطوط في **الشكل 8–9** ترتبط مع كل عملية انتقال؟

$$\lambda_{2\text{ إلى }3} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.89\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 6.58\times10^{-7}\ \text{m} = 658\ \text{nm}$$

$$\lambda_{2\text{ إلى }4} = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

**7.** في عملية انتقال محدد، تسقط طاقة ذرة الزئبق من مستوى طاقة 8.82 eV إلى مستوى طاقة 6.67 eV.

**a.** ما مقدار طاقة الفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\Delta E = 8.82\ \text{eV} - 6.67\ \text{eV} = 2.15\ \text{eV}$$

www.almanahj.com

**b.** ما مقدار الطول الموجي للفوتون المنبعث من ذرة الزئبق؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.15\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}$$
$$= 5.78\times10^{-7}\ \text{m} = 578\ \text{nm}$$

**8.** في حالة استقرار أيون الهيليوم تكون الطاقة 54.4 eV−. ولكي يتم التحول إلى حالة الاستقرار انبعث فوتون طوله الموجي 304 nm. ما مقدار طاقة الإثارة؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$
$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{304\ \text{nm}} = 4.08\ \text{eV}$$

أي: $E_{\text{إثارة}} = E_{\text{استقرار}} + \Delta E$

$$= -54.4\ \text{eV} + 4.08\ \text{eV}$$
$$= -50.3\ \text{eV}$$

www.almanahj.com

## مراجعة القسم

### 1–9 نموذج بور الذري صفحة (63– 76)

صفحة 76

**9.** **نموذج راذرفورد النووي:** لخص تركيب الذرة بناء على نموذج راذرفورد النووي.

**وفق النموذج النووي لراذرفورد ؛فإن جميع الذرات موجبة الشحنة ومعظم كتلتها في النواة الصغيرة الواقعة في مركز الذرة حيث تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة.**

**10.** **الأطياف:** فيم تختلف أطياف الانبعاث الذرية للمواد الصلبة المتوهجة والغازات، وفيم تتشابه؟

**المواد الصلبة المتوهجة تنتج حزمة متصلة من الألوان، في حين تنتج الغازات مجموعة من الخطوط الطيفية المنفصلة. وتتكوّن جميع الأطياف نتيجة تحولات في مستوى الطاقة في الذرة.**

**11.** نموذج بور: فسّر كيف تحفظ الطاقة عندما تمتص ذرة فوتون الضوء؟

**يكون المجموع الأولي لطاقة الإلكترون في الذرة مضافًا إليها طاقة الفوتون الممتص تساوي الطاقة النهائية للإلكترون في الذرة.**

**12.** **نصف قطر المستوى:** يسلك أيون الهيليوم سلوك ذرة الهيدروجين، ونصف قطر مستوى طاقة الأيون الأدنى يساوى 0.0265 nm. اعتمادًا على نموذج بور، ما مقدار نصف قطر مستوى الطاقة الثاني؟

**يعتمد نصف قطر مستوى الإلكترون على $n^2$، لذلك فإن $r_2 = 4r_1 = 0.106\ \text{nm}$.**

**13.** **طيف الامتصاص:** وضح كيفية حساب طيف الامتصاص لغاز ما. وضح أسباب ظهور الطيف.

**ينفذ الضوء الأبيض من خلال عينة من الغاز ثم من خلال جهاز سبكتروسكوب. ولأن الغاز يمتص أطوالاً موجية محددة فإن الطيف المستمر العادي يحتوي على خطوط معتمة.**

**14.** **نموذج بور:** تم الكشف عن تحوّل ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة 101 إلى مستوى الطاقة 100. ما مقدار الطول الموجي للإشعاع؟ أين يقع هذا الانبعاث في الطيف الكهرومغناطيسي؟

$$\Delta E = E_{101} - E_{100}$$
$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{101^2} - \frac{1}{100^2}\right)$$
$$= 2.68\times10^{-5}\ \text{eV}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.68\times10^{-5}\ \text{eV}}$$
$$= 46.3\times10^{6}\ \text{nm} = 4.63\ \text{cm}$$

**يُشير الطول الموجي إلى أن الإشعاع هو موجات ميكروويف.**

**15.** **التفكير الناقد** نصف قطر نواة ذرة الهيدروجين $1.5 \times 10^{-15}\ \text{m}$ تقريبًا. إذا كنت راغبًا في بناء نموذج لذرة الهيدروجين باستخدام كرة بلاستيك $r = 5\ \text{cm}$ لتمثل النواة فأين تضع إلكترونًا في مستوى $n = 1$؟ هل يكون موقعه في غرفة صفك؟

**هذا المقياس يعني أن $1.5\times10^{-15}\ \text{m}$ 5 cm تقابل أي أن 1 cm يقابل $3.0\times10^{-16}\ \text{m}$.**

**وفي النموذج المراد بناؤه ستكون النسبة**

$(5.3\times10^{-11}/3.0\times10^{-16})\ 1\ \text{cm}$

$= 1.8\times10^{5}\ \text{cm}$ أو

$= 1.8\ \text{km}$

**وهذا يتجاوز غرفة الصف وحتى حدود المدرسة.**

## مراجعة القسم

### 2–9 النموذج الكمي للذرة (صفحة 83 – 77)

صفحة 83

16. **أجهـزة الليزر** أي أجهزة الليزر في **الجدول 1–9** تبعث ضـوءًا أكثر احمرارًا (ضوءًا مرئيًّا ذا طول موجي كبير). وأيهـا يبعث ضوءًا أزرق؟ وأيها يبعـث حزمًا ضوئية لا يمكن رؤيتها بالعين؟

**ليزر GaALAs يبعث ضوءًا أكثر احمرارًا،**

**ليزر $Ar^+$ و InGaN يبعث ضوءًا أزرق**

**ليزر KrF و $N_2$وGaAsو Nd و$Co_2$ يبعث حزمًا ضـوئية لا يمكن رؤيتها بالعين.**

17. **ضـخ الذرات** وضح ما إذا كان يمكن اسـتخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر. لماذا لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر؟

**نعم، يمكن استخدام الضوء الأخضر لضخ ضوء ليزر أحمر، ولكن لا يستخدم الضوء الأحمر لضخ الضوء الأخضر لأن للفوتونات الحمراء طاقة أقل من طاقة الفوتونات الخضراء، أي ليس للفوتونات الحمراء طاقة كافية حتى تبعث فوتونات خضراء من الذرات.**

18. **محـددات نموذج بور** ما أوجه القصور في نموذج بور، على الرغم من توقعه سلوك ذرة الهيدروجين بدقة؟

**لأنه يسـتطيع فقط أن يتوقع سلوك ذرات الهيدروجين أو الذرات القريبة من الهيدروجين، في حين لا يستطيع أن يفسّر لماذا لا تطبق القوانين الكهرومغناطيسية داخل الذرات.**

19. **النموذج الكمي** وضح لماذا تعارض نموذج بور للذرة مع مبدأ عدم التحديد لهيزنبرج، بينما لم يتعارض النموذج الكمي معه؟

**وفق مبدأ عدم التحديد لا يمكن أن تحدد موضع الجسيم وزخمه بدقة في الوقت نفسه، مثل مدار بور. في حين يتنبأ النمـوذج الكمـي فقط باحتمالية أن نصـف قطر مسـتوى الإلكترون سوف يكون له قيمة ما معطاة.**

20. **أجهـزة الليزر** وضّح كيف يعمل ليزر الانبعاث المحفز على إنتاج ضوء مترابط؟

**عندمـا يصـطدم الفوتون بذرة مسـتقرة فإنـه يحفز ذرة مثـارة لبعث فوتون بالطاقة نفسـها بالتزامن مع الفوتون المسبب، ويبقى الفوتون المسبب دون تغير. وهذان الفوتونان يصطدمان بذرات أخرى وهكذا تنتج حزمة ضوء مترابط وتزداد أكثر فأكثر في الخطوة نفسها.**

21. **ضـوء الليزر** مـا الخصائص الأربعة لضـوء الليزر التي تجعله مفيدًا؟

**ضـوء مركّـز ذو طاقـة كبيـرة؛ وموجّه؛ وذو طـول موجي مُوحد، ومترابط.**

22. **التفكير الناقد** افترض أنه تم الحصول على سحابة صغيرة جدًّا من الإلكترونات، بحيث تكون الذرة بحجم النواة تقريبًـا. اسـتخدم مبدأ عدم التحديـد لهيزنبرج لتوضيح لماذا تستهلك كمية هائلة من الطاقة في هذه الحالة؟

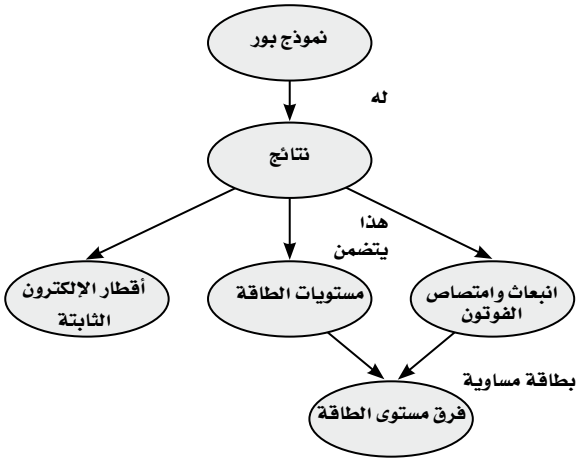
**السحابة الأصغر تعني معرفتنا بدقة أكبر لموقع الإلكترون. إذا كان موقع الجسيم محددًا بدقة فإن زخمه الخطي يكون غير محدد بدقة. قد يكون عدم تحديد الزخم الخطي كبيرٌ فقط إذا كان الزخم الخطي كبيرًا، لذلك فإن الطاقة الحركية للإلكترون يجب أن تكون كبيرة أيضًا، مما يتطلب طاقة كبيرة.**

## تقويم الفصل

### خريطة المفاهيم

صفحة 88

23. أكمل خريطة المفاهيم التالية مستخدمًا ما يلي: مستويات الطاقـة، أقطار الإلكتـرون الثابتة، نموذج بـور، انبعاث وامتصاص الفوتون، فرق مستوى الطاقة.




www.almanahj.com

## إتقان المفاهيم

صفحة 88

24. وضح كيف حدد رذرفورد أن الشحنة الموجبة في الذرة متمركزة في منطقة صغيرة جدًّا، وليست منتشرة في الذرة.

**وجّه رذرفورد شعاع من جسيمات ألفا في اتجاه صفيحة فلزية رقيقة وقاس عدد الجسيمات المنحرفة بزوايا مختلفة. فوجد أن عددًا صغيرًا انحرف بزوايا كبيرة مما يدل على أمر هام ألا وهو أن الشحنة الموجبة في الذرة متركزة في منطقة صغيرة جدًا هي النواة.**

25. كيف فسر نموذج بور لماذا يتضمن طيف الامتصاص للهيدروجين نفس ترددات طيف الانبعاث؟

**إن طاقة الفوتون المنبعث أو الفوتون الممتص تساوي التغير في الطاقة والتي يمكن فقط أن يكون لها قيم محددة.**

26. قم بمراجعة نموذج الكواكب للذرة. ما المشكلات المتعلقة بنموذج الكواكب للذرة؟

**عندما تخضع الإلكترونات لتسارع مركزي، فإنها سوف تخسر طاقة فعندئذ تتخذ مسارًا حلزونيًا نحو النواة، وتشع طاقة بجميع الأطوال الموجية وليست ذات أطوال موجية محددة.**

27. حلل وانتقد نموذج بور للذرة. ما الافتراضات الثلاثة التي قدمها بور لتطوير نموذجه؟

**تكون مستويات الطاقة في الحالات المستقرة مكمّمة، تبعث الذرة أو تمتص الإشعاع فقط عندما تتغيّر حالتها، الزخم الزاوي مكمّم.**

28. **أنابيب الغاز المفرغة** وضح كيف تنتج الأطياف الخطية في أنابيب الغاز المفرغة؟

**تنتقل الطاقة إلى الغاز؛ مما يسبب إثارة الإلكترونات، فتنتقل إلى مستويات طاقة أعلى. ثم تتخلص الإلكترونات من فرق الطاقة بين مستويات الطاقة عندما تسقط عائدة إلى المستوى الأقل إثارة. وترتبط فروق الطاقة بين المستويات مع الخطوط الطيفية.**

29. كيف قدّم نموذج بور تفسيرًا للطيف المنبعث من الذرات؟

**تحدد الأطوال الموجية للفوتون بالفرق بين طاقات المستويات المسموح بها عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الإثارة إلى مستوى الاستقرار.**

30. فسّر لماذا تختلف الأطياف الخطية الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيدروجين عن تلك الأطياف الناتجة عن أنابيب التفريغ لغاز الهيليوم.

**لأن تكوين كل عنصر مختلف عن الآخر من حيث توزيع الإلكترونات أو مستويات الطاقة.**

31. **الليزرات** إن مصدر الطاقة لجهاز الليزر المختبري $0.8\ mW\ (8 \times 10^{-4}\ W)$ فقط. لماذا يبدو أنه أكثر قدرة من ضوء مصباح كهربائي 100 W؟

**لأن ضوء الليزر يتركز في حزمة ضيقة، بدلاً من أن ينتشر على مساحة واسعة كما في المصباح.**

32. جهاز مشابه لليزر يبعث إشعاع موجات ميكروويف يسمى الميزر. ما الكلمات المرجعية التي تكوّن هذا الاختصار؟

**تضخيم الموجات الميكروية باستعمال الانبعاث المحفز بالإشعاع.**

33. ما خصائص ضوء الليزر التي أدت إلى استخدامه في أجهزة العرض الضوئية؟

**الليزر موجات ضوئية موجّهة ومركزة وذات أطوال موجية موحدة وأحادية اللون.**

## تطبيق المفاهيم

صفحة 89–88

34. يختلف مستوى التعقيد لمستويات الطاقة من ذرة إلى أخرى. كيف تتوقع أن يؤثر ذلك في الأطياف التي تنتجها؟

**تصبح الأطياف أكثر تعقيدًا.**

35. **الأضواء الشمالية** تحدث الأضواء الشمالية بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية قادمة من الشمس عندما تصطدم بذرات في الغلاف الغازي للأرض، إذا نظرت إلى هذه الأضواء خلال منظار طيفي فهل تشاهد طيفًا متصلاً، أم طيفًا خطيًّا؟ فسّر؟

**أُشاهد طيفًا خطيًّا لأن الضوء القادم من الغاز مكوّن من عناصر محددة.**

36. إذا انبعث ضوء أبيض من سطح الأرض وشاهده شخص من الفضاء، فهل يظهر الطيف بحيث يكون متصلاً؟ فسّر.

**لا، طاقات معينة سوف تمتص بواسطة الغازات في الغلاف الغازي، لذلك سوف يحتوي الطيف على خطوط امتصاص.**

www.almanahj.com

**37.** هـل تعدّ قطع النقـود مثالاً جيدًا للتكمية؟ هل يعدّ الماء كذلك؟ فسّر.

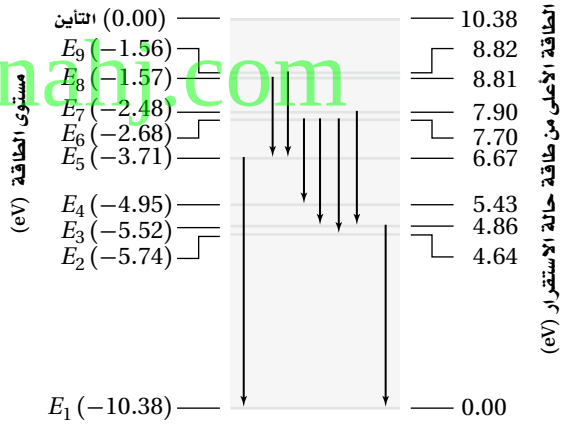
**نعم، تأتي النقود بقيم محددة. في حين لا يأتي الماء بأي كمية محددة محتملة.**

**38.** ذرة لها أربعة مستويات للطاقة، $E_4$ مستوى الطاقة الأعلى، و $E_1$ مستوى الطاقة الأدنى. إذا حدثت انتقالات بين أي مستويين للطاقة، فما عدد الخطوط الطيفية التي تستطيع الذرة أن تبعث بها؟ ما الانتقال الذي يبعث فوتونًا بأعلى طاقة؟

**تستطيع الذرة أن تبعث ستة خطوط محتملة، والفوتون ذو الطاقة الأعلى ينتج فقط بين المستويين $E_4 \rightarrow E_1$.**

**39.** من **الشكل 21–9**، يدخل فوتون طاقته 6.2 eV ذرة زئبق في حالة استقرار. هل تمتصه الذرة ؟ فسّر.

شكل مستوى الطاقة لذرة الزئبق




■ **الشكل 21–9**

**لا؛ لأنها تحتاج إلى طاقة 5.43 eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة $E_4$، أو 6.67eV لنقل الإلكترون إلى مستوى الطاقة $E_5$. حيث تمتص الذرة فقط الفوتونات التي لها طاقة محددة فقط.**

**40.** ينبعث فوتون عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين المثارة خلال مستويات طاقة أدنى. ما مقدار الطاقة العظمى التي يمكن أن تكون للفوتون؟ إذا مُنحت كمية الطاقة هذه إلى ذرة في حالة الاستقرار، فما الذي يحدث؟

**الطاقة العظمى 13.6 eV وهذه أيضًا طاقة التأين لذرة الهيدروجين. حيث يغادر الإلكترون النواة.**

**41.** قارن بين نظرية الكم الميكانيكية للذرة ونموذج بور.

**لنموذج بور أقطار محددة ثابتة ويسمح بالحسابات فقط لذرات الهيدروجين، في حين يعطي النموذج الحالي (نظرية الكم الميكانيكية) احتمالية وجود إلكترون في موقع ما، ويمكن أن يستخدم لجميع الذرات.**

**42.** أي الليـزرات – الأحمر، والأخضـر، والأزرق – ينتج فوتونات بطاقة أكبر؟

**ليزر الضوء الأزرق.**

## إتقان حل المسائل

### 9–1 نموذج بور الذري

صفحة 89–90

www.almanahj.com

**43.** ينتقل إلكترون ذرة كالسـيوم من مستوى طاقة 5.16 eV فوق مستوى الاستقرار إلى مستوى طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. ما الطول الموجي للفوتون المنبعث؟

$$\Delta E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

$$= \frac{1240\ \text{eV.nm}}{5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV}}$$

$$= 556\ \text{nm}$$

**44.** إذا دخـل فوتـون ضـوء برتـقالي طولـه الموجـي $6.00 \times 10^{2}\ \text{nm}$ فـي ذرة كالسـيوم مثـارة عند مسـتوى الطاقة $E_6$ فتأينت الذرة، فما مقدار طاقة حركة الإلكترون المنبعث من الذرة؟

طاقة الفوتون:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{6.00\times10^{-7}\ \text{m}}$$

$$= 3.314\ \text{J}$$

$$= 3.314\ \text{J}\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.07\ \text{eV}$$

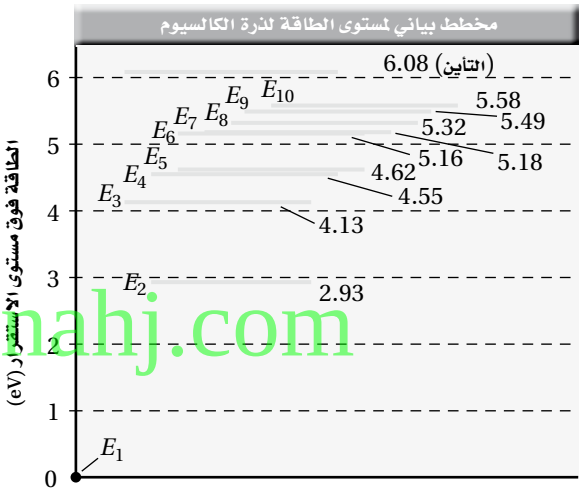
**الطاقة اللازمة للتأين $E_6$**

$$6.08\ \text{eV}$$
$$\underline{-5.16\ \text{eV}}$$
$$= 0.92\ \text{eV}$$

**الطاقة الحركية = طاقة الفوتون – طاقة التأين**

$$2.07\ \text{eV} - 0.92\ \text{eV} = 1.15\ \text{eV}$$

**45.** ذرة كالسيوم مثارة إلى مستوى طاقة $E_2$ طاقته 2.93 eV فوق مستوى الاستقرار. اصطدم بها فوتون طاقته 1.20 eV فامتصته. إلى أي مستوى طاقة تنتقل ذرة الكالسيوم؟ ارجع إلى **الشكل 22–9**.




■ **الشكل 22–9**

**تنتقل إلى مستوى الطاقة $E_3$:**

$$2.93\ \text{eV} + 1.20\ \text{eV} = 4.13\ \text{eV} = E_3$$

**46.** ذرة كالسيوم مثارة عند مستوى طاقة $E_6$. ما مقدار الطاقة المحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة $E_2$؟ ارجع إلى **الشكل 22–9**.

$$E_6 - E_2 = 5.16\ \text{eV} - 2.93\ \text{eV} = 2.23\ \text{eV}$$

**47.** احسب الطاقة المرتبطة بمستويات الطاقة $E_7$ و $E_2$ لذرة الهيدروجين.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$

**48.** احسب الفرق في مستويات الطاقة في المسألة السابقة.

$$E_7 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{7^2}\right) = -0.278\ \text{eV}$$
$$E_2 = -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{n^2}\right)$$
$$= -13.6\ \text{eV}\left(\frac{1}{2^2}\right) = -3.40\ \text{eV}$$
$$E_7 - E_2 = -0.278\ \text{eV} - (-3.40\ \text{eV})$$
$$= 3.12\ \text{eV}$$

*ارجع إلى **الشكل 21–9** لحل المسألتين 49 و 50.*

**49.** ذرة زئبق مثارة عند مستوى طاقة $E_6$.

**a.** ما مقدار الطاقة اللازمة لتأيين الذرة؟

$$E_6 = 7.70\ \text{eV}$$

$$10.38\ \text{eV} - 7.70\ \text{eV} = 2.68\ \text{eV}$$

**b.** ما مقدار الطاقة المتحررة عندما تسقط الذرة إلى مستوى الطاقة $E_2$؟

$$E_2 = 4.64\ \text{eV}$$

$$7.70\ \text{eV} - 4.64\ \text{eV} = 3.06\ \text{eV}$$

**50.** ذرة زئبق مثارة طاقتها $-4.95\ \text{eV}$. امتصت فوتونًا فأصبحت في مستوى الطاقة الأعلى التالي. ما مقدار طاقة الفوتون؟ وما مقدار تردده ؟

$$E_5 - E_4 = -3.71\ \text{eV} - (-4.95\ \text{eV})$$
$$= 1.24\ \text{eV}$$
$$E = hf$$
$$f = \frac{E}{h}$$
$$= \frac{1.24\ \text{eV}\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{\text{eV}}\right)}{6.63\times10^{-34}\ \text{J.s}} = 2.99\times10^{14}\ \text{Hz}$$

www.almanahj.com

51. ما الطاقات المرتبطة مع مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين $E_2$، $E_3$، $E_4$، $E_5$ و $E_6$؟

$$E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$$

$$E_3 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(3)^2} = -1.51\ \text{eV}$$

$$E_4 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(4)^2} = -0.850\ \text{eV}$$

$$E_5 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(5)^2} = -0.544\ \text{eV}$$

$$E_6 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{(6)^2} = -0.378\ \text{eV}$$

52. باستخدام القيم المحسوبة في المسألة 51، احسب فروق الطاقة بين مستويات الطاقة التالية:

a. $E_6 - E_5$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-0.544\ \text{eV}) = 0.166\ \text{eV}$$

b. $E_6 - E_3$

$$(-0.378\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 1.13\ \text{eV}$$

c. $E_4 - E_2$

$$(-0.850\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.55\ \text{eV}$$

d. $E_5 - E_2$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-3.40\ \text{eV}) = 2.86\ \text{eV}$$

e. $E_5 - E_3$

$$(-0.544\ \text{eV}) - (-1.51\ \text{eV}) = 0.97\ \text{eV}$$

53. استخدم القيم في المسألة 52 لحساب تردد الفوتونات المنبعثة عندما ينجز إلكترون ذرة الهيدروجين تغيرات في مستويات الطاقة المذكورة أعلاه.

a.

$$E = hf$$

أي:

$$f = \frac{E}{h}$$

$$hf = E_6 - E_5 = 0.166\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.166\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 4.01\times10^{13}\ \text{Hz}$$

b.

$$hf = E_6 - E_3 = 1.13\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(1.13\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.73\times10^{14}\ \text{Hz}$$

c.

$$hf = E_4 - E_2 = 2.55\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.55\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.15\times10^{14}\ \text{Hz}$$

d.

$$hf = E_6 - E_3 = 2.86\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(2.86\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 6.90\times10^{14}\ \text{Hz}$$

e.

$$hf = E_6 - E_3 = 0.97\ \text{eV}$$

$$f = \frac{(0.97\ \text{eV})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}$$

$$= 2.3\times10^{14}\ \text{Hz}$$

54. احسب الطول الموجي للفوتونات ذات الترددات التي قمت بحسابها في المسألة 53.

a.

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{4.01\times10^{13}\ \text{Hz}}$$

$$= 7.48\times10^{-6}\ \text{m} = 7480\ \text{nm}$$

b.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.73\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.10\times10^{-6}\ \text{m} = 1.10\times10^{3}\ \text{nm}$$

c.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.15\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.88\times10^{-7}\ \text{m} = 488\ \text{nm}$$

www.almanahj.com

**d.**

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{6.90\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 4.35\times10^{-6}\ \text{m} = 435\ \text{nm}$$

**e.**

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{2.3\times10^{14}\ \text{Hz}}$$

$$= 1.3\times10^{-6}\ \text{m} = 1.3\times10^{3}\ \text{nm}$$

**55.** تبعث ذرة هيدروجين فوتونًا طوله الموجي 94.3 nm عندما تصل إلى حالة الاستقرار. من أي مستوى طاقة انتقل إلكترونها؟

$$c = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{9.43\times10^{-8}\ \text{m}}$$

$$= 3.18\times10^{15}\ \text{Hz}$$

$$E_n - E_1 = (6.626\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.18\times10^{15}\ \text{Hz})$$

$$= 2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

$$\Delta E = -2.11\times10^{-18}\ \text{J}$$

www.almanahj.com

$$E_n = E_1 - \Delta E$$

$$= -2.17\times10^{-18}\ \text{J} - (-2.11\times10^{-18}\ \text{J})$$

$$= -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$= \frac{-2.17\times10^{-18}\ \text{J}}{n^2} = -6\times10^{-20}\ \text{J}$$

$$n^2 = 36$$

$$n = 6$$

**56.** ذرة هيدروجين مثارة إلى $n = 3$. وفق نموذج بور، أوجد كلًّا مما يلي:

**a.** نصف قطر المستوى.

$$r = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 K m q^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2\ (3)^2}{4\pi^2(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$

$$= 4.77\times10^{-10}\ \text{m}$$

**b.** القوة الكهربائية بين البروتون والإلكترون.

$$F = \frac{Kq^2}{r^2}$$

$$= \frac{(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}{(4.77\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$= 1.01\times10^{-9}\ \text{N}$$

**c.** التسارع المركزي للإلكترون.

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1.01\times10^{-9}\ \text{N}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}}$$

$$= 1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2$$

**d.** السرعة الدورانية للإلكترون (قارن بين هذه السرعة وسرعة الضوء).

$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{ar}$$

$$= \sqrt{(1.11\times10^{21}\ \text{m/s}^2)(4.77\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$= 7.28\times10^{5}\ \text{m/s}$$

أو

$$= 0.24\%\ \text{من سرعة الضوء}$$

## 9–2 النموذج الكمي للذرة

**57.** **مشغل القرص المدمج CD** تستخدم ليزرات زرنيخات الجاليوم بصورة شائعة في مشغلات القرص المدمج. إذا بعث مثل هذا الليزر عند طول موجي 840 nm، فما مقدار الفرق بوحدة eV بين مستويات الطاقة ؟

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{840\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.57\times10^{14}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.57\times10^{14}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 1.5\ \text{eV}$$

**58.** أُدخل ليزر GaInNi بين مستويات طاقة مفصولة بطاقة مقدارها 2.90 eV.

**a.** ما الطول الموجي للضوء المنبعث من الليزر؟

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{2.90\ \text{eV}}$$

$$= 428\ \text{nm}$$

**b.** في أي جزء من الطيف يقع هذا الضوء؟

**في الجزء الأزرق.**

**59.** ينبعث ليزر ثاني أكسيد الكربون بفوتون أشعة تحت حمراء طاقته عالية جدًّا. ما مقدار فرق الطاقة بوحدة eV بين مستويات الطاقة الليزرية؟ ارجع إلى **الجدول 1–9**.

$$c = \lambda f$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00\times10^{8}\ \text{m/s}}{10600\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 2.83\times10^{13}\ \text{Hz}$$

$$E = hf$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(2.83\times10^{13}\ \text{Hz})}{1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV}}$$

$$= 0.117\ \text{eV}$$

**60.** الطاقة في حزمة ليزر تساوي حاصل ضرب طاقة كل فوتون منبعث في عدد الفوتونات لكل ثانية.

**a.** إذا أردت الحصول على ليزر عند طول موجي 840 nm بحيث يكون له القدرة نفسها لليزر طوله موجته 427 nm، فكم مرة يتضاعف عدد الفوتونات لكل ثانية؟

**بما أن طاقة الفوتون تعطى بالعلاقة $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$، فنسبة الطاقة بين الفوتونات في الليزر الثاني إلى الطاقة في الليزر الأول هي $\frac{427}{840} = 0.508$. ولهذا تكون نسبة عدد الفوتونات في الليزر الثاني إلى الأول في كل ثانية $\frac{1}{0.508}$ أي تساوي 1.97.**

www.almanahj.com

**b.** أوجد عدد الفوتونات لكل ثانية في ليزر قدرته 5.0 m W وطوله الموجي 840 nm.

$p = (\text{عدد الفوتونات /s})(E/\text{فوتون}) = nE$

لكن: $n = P/E$

لحساب طاقة الفوتون بالجول نستخدم العلاقة:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$
$$= \frac{(1240\ \text{eV.nm})(1.60\times10^{-19}\ \text{J/eV})}{840\ \text{nm}}$$
$$= 2.4\times10^{-19}\ \text{J}$$

لذا $$n = \frac{5.0\times10^{-3}\ \text{J/s}}{2.4\times10^{-19}\ \text{J/فوتون}}$$
$$= 2.1\times10^{16}\ \text{فوتون /s}$$

**61.** **ليزرات HeNe** يمكن صنع الليزرات HeNe المستخدمة بوصفها مؤشرات يستخدمها المحاضرون، بحيث تنتج ليزرًا عند الأطوال الموجية الثلاثة: 1152.3 nm، 543.4 nm، 632.8 nm.

**a.** أوجد فرق الطاقة بين كل وضعين متضمنين في حزمة كل طول موجي.

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

أي: $$\Delta E = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\lambda}$$

www.almanahj.com

بالتعويض بالأطوال الموجية الثلاث في العلاقة السابقة نحصل على:
1.08 eV, 2.28 eV, 1.96 eV، على الترتيب.

**b.** حدد لون كل طول موجي.
أحمر تحت حمراء، أخضر على الترتيب.

## مراجعة عامة
صفحة 91

**62.** يدخل فوتون طاقته 14.0 eV ذرة هيدروجين في حالة الاستقرار فيؤينها. ما مقدار الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر من الذرة؟

تحتاج ذرة الهيدروجين إلى 13.6 eV لتتأين، وعليه ستكون الطاقة الحركية للإلكترون المتحرر:

$$14.0\ \text{eV} - 13.6\ \text{eV} = 0.4\ \text{eV}$$

**63.** احسب نصف قطر المستوى لكل من مستويي الطاقة $E_5$ و $E_6$ لذرة الهيدروجين.

$$r_5 = \frac{h^2n^2}{4\pi^2Kmq^2}$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})^2(5)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$
$$= 1.33\times10^{-9}\ \text{m}$$

$$r_6 = \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J.s})2(6)^2}{4\pi^2\,(9.00\times10^{9}\ \text{N.m}^2/\text{C}^2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})^2}$$
$$= 1.91\times10^{-9}\ \text{m}$$

## تابع الفصل 9

**64.** ذرة هيدروجين في المستوى $n = 2$.

**a.** إذا اصطدم فوتون طوله الموجي 332 nm بهذه الذرة. فهل تتأين هذه الذرة؟ وضح ذلك.

**الطاقة اللازمة للتأين من هذا المستوى :** $E_2 = \frac{-13.6\ \text{eV}}{n^2} = \frac{13.6\ \text{eV}}{(2)^2} = -3.40\ \text{eV}$

**طاقة الفوتون :** $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{332\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 5.99\times10^{-19}\ \text{J}$$

$$= 3.74\ \text{eV}$$

**وهذا يبين أن اصطدام الفوتون يؤدي إلى التأين.**

**b.** عندما تتأين الذرة، افترض أن إلكترونًا يكتسب الطاقة الزائدة عن التأين، فكم تكون الطاقة الحركية للإلكترون بوحدة الجول؟

$3.74\ \text{eV} - 3.40\ \text{eV} = 0.340\ \text{eV} = 5.4\times10^{-20}\ \text{J}$

**65.** وُجهت حزمة من الإلكترونات إلى عينة من غاز الهيدروجين الذري. ما أقل طاقة للإلكترونات تلزم لينبعث ضوء أحمر ينتج عندما ينتقل إلكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة $n = 3$ إلى مستوى الطاقة $n = 2$؟

**الطاقة اللازمة لانتقال ذرة الهيدروجين من حالة الاستقرار إلى مستوى $n = 3$ تساوي:**

www.almanahj.com

$$\Delta E = E_3 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-8}{9}\right)$$

$$= 12.1\ \text{eV}$$

**66.** أكثر تجارب المطياف دقة تستخدم تقنيات "فوتونين". حيث يوجَّه فوتونان بأطوال موجية متكافئة على ذرات الهدف من اتجاهين متعاكسين. كل فوتون له نصف الطاقة اللازمة لإثارة الذرات من حالة الاستقرار إلى مستوى الطاقة اللازم. ما طول موجة الليزر الذي يلزم لإنجاز دراسة دقيقة لفرق الطاقة بين $n = 1$ و $n = 2$ في الهيدروجين؟

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right)$$

$$= (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{-3}{4}\right)$$

$$= 10.2\ \text{eV}$$

**طول موجة كل ليزر:**

$$\lambda = \frac{hc}{\left(\frac{\Delta E}{2}\right)} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{\left(\frac{10.2\ \text{eV}}{2}\right)} = 243\ \text{nm}$$

## التفكير الناقد

صفحة 91

**67.** **تطبيق المفاهيم** يوضح **الشكل** 23–9 نتيجة إسقاط طيف مصباح غاز الزئبق ذي الضغط العالي على حائط في غرفة مظلمة. ما فروق الطاقة لكل من الخطوط المرئية الثلاثة؟

■ **الشكل 23–9**

**الخط 436 nm يعني انتقال الإلكترون من $E_6$ إلى $E_3$، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.84 eV .**

$$\frac{1240\ \text{eV.nm}}{436\ \text{nm}} = 2.84\ \text{eV}$$

حيث؛

**ارجع الى الشكل 22–9 لإيجاد فروق المستويات الأخرى**

**الخط 546 nm يعني انتقال الإلكترون من $E_6$ إلى $E_4$، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.27 eV.**

**الخط 579 nm يعني انتقال الإلكترون من $E_8$ إلى $E_5$، وفرق الطاقة عندئذٍ يساوي 2.14 eV.**

**68.** **تفسير الرسوم التوضيحية** بعد انبعاث الفوتونات المرئية التي تم وصفها في المسألة 67، تستمر ذرة الزئبق في بعث فوتونات حتى تصل إلى حالة الاستقرار. من خلال اختبار **الشكل** 23–9 حدد ما إذا كانت هذه الفوتونات مرئية أم لا. فسر ذلك.

**لا، الخطوط الطيفية الثلاثة الأعلى طاقة تغادر الذرة في حالات لا تقل طاقتها عن 4.64 eV فوق حالة الاستقرار، والفوتون بهذه الطاقة يكون طوله الموجي 267 nm ويقع في منطقة الأشعة فوق البنفسجية، والتغيّر في الطاقة من المستوى $E_4$ إلى المستوى $E_2$ يتضمن تغيّرًا في الطاقة مقداره 0.79 eV ، فينتج ضوءًا بطول موجي 1570 nm يقع في منطقة الأشعة تحت الحمراء.**

**69.** **التحليل والاستنتاج:** تتكون ذرة البوزوترونيوم من إلكترون وضديد مادتها النسبي –بوزترون– يرتبطان معًا. وعلى الرغم من أن فترة الحياة لهذه الذرة" قصيرة جدًّا (معدل فترة حياتها $\frac{+1}{7}$ µs) فإنه يمكن قياس مستويات طاقتها. يمكن استخدام نموذج بور لحساب الطاقات مع استبدال كتلة الإلكترون بمقدار نصف كتلة. صف كيف تتأثر أقطار المستويات والطاقة لكل مستوى. كم يكون الطول الموجي عند الانتقال من $E_2$ إلى $E_1$؟

**ستتضاعف أنصاف القطار لأن m تظهر في مقام المعادلة، في حين الطاقات ستنخفض إلى النصف لأن m تظهر في بسط المعادلة، أما الأطوال الموجية فستتضاعف لذا فالضوء ينبعث من المستوى $E_2$ إلى المستوى $E_1$، أي أن؛**

$$(2)(121\ \text{nm}) = 242\ \text{nm}$$

## الكتابة في الفيزياء

صفحة 92

**70.** اكتب بحثًا عن تاريخ تطور نماذج الذرة. واصفًا كل نموذج باختصار، ومحددًا أوجه القوة والضعف فيه.

**يجب على الطلاب أن يصفوا نموذج ثومبسون "فطيرة البرقوق" والنموذج المداري الكلاسيكي، ونموذج بور، والنموذج الكمي، حيث يفسر النموذج الأول كيف تمتلك الذرات إلكترونات وكتلة ولكن لا يستطيع تفسير نتائج تجارب رذرفورد، والنموذج المداري يفسر كل من وجود الإلكترونات وتجارب راذرفورد، ولكنه نموذج غير مستقر إذ بناءًا على هذا النموذج فإن الإلكترونات ستسقط في النواة خلال 1 ns، أما نموذج بور فيفسر الأطياف الذرية وينسجم مع نموذج راذرفورد النووي، ولكنه لم يفسر عدم اليقين، وكذلك لا يفسر استقرار الذرات عديدة الإلكترونات، أما النموذج الكمي فيمكن بوساطته تفسير جميع الحقائق المعروفة عن الذرات، ولكن من الصعب تصوره، ويتطلب استخدام أجهزة الحاسوب لحل معادلاته.**

**71.** يبعث مؤشر ليزر أخضر ضوءًا طوله الموجي 532 nm. اكتب بحثًا في نوع الليزر الذي يستخدم في هذا النوع من المؤشرات، وصف طريقة عمله. وحدّد ما إذا كان الليزر على شكل نبضات أم مستمر.

**يستخدم نبضات ليزر Nd عند 1064nm حيث توضع IR داخل بلورة "مضاعف التردد". وينتج الضوء بنصف ذلك الطول الموجي أو 532 nm.**

www.almanahj.com

## مراجعة تراكمية

صفحة 92

**72.** فكّر في التعديلات التي يحتاجها تومسون ليجعل أنبوبته تسارع بروتونات بالاضافة إلى الإلكترونات، ثم أجب عن الاسئلة التالية:

**a.** لتحديد جسيمات لها نفس السرعة. هل ستتغير النسبة $\frac{E}{B}$؟ فسر؟

**لا؛ لأن $v = \frac{E}{B}$، نسبة ثابتة لجميع قيم $v$ المعطاه.**

**b.** للمحافظة على نفس الانحراف الذي يسببه المجال المغناطيسي هل يجب أن يكون المجال المغناطيسي أكبر أم أقل؟ فسر؟

**للمجال المغناطيسي فإن: $Bqv = \frac{mv^2}{r}$. ومنه $r = \frac{mv}{qB}$، فالكتلة الأكبر يجب أن تكون $B$ المستخدمة كبيرة؛ للمحافظة على السرعة $v$ ثابتة.**

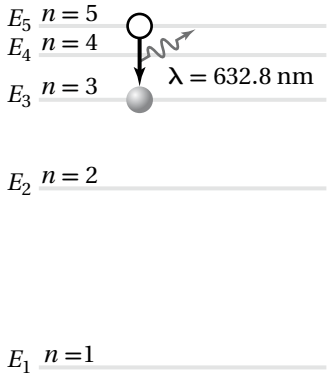
**73.** جهد الإيقاف اللازم لاستعادة جميع الإلكترونات المنبعثة من فلز 7.3 V. ما مقدار الطاقة الحركية القصوى للإلكترونات بوحدة الجول؟

$$KE = (7.3\ \text{eV})\left(\frac{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}{1\ \text{eV}}\right)$$
$$= 1.2\times10^{-18}\ \text{J}$$

## مسألة تحفيز

صفحة 75

على الرغم من تفسير نموذج بور للذرة وبدقة لسلوك ذرة الهيدروجين، إلا أنه لم يكن قادرًا على تفسير سلوك أي ذرة أخرى. تحقق من جوانب القصور في نموذج بور؛ وذلك بتحليل انتقال إلكترون في ذرة النيون. فخلافًا لذرة الهيدروجين فإن لذرة النيون عشرة إلكترونات، وأحد هذه الإلكترونات ينتقل بين مستوى الطاقة $n = 5$ ومستوى الطاقة $n = 3$، باعثًا فوتونًا في هذه العملية.




**1.** اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما طاقة الفوتون التي يتوقعها نموذج بور؟

$$\Delta E = E_i - E_f = (-13.6\ \text{eV})\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2}\right)$$
$$= 0.967\ \text{eV}$$

**2.** اعتبر أنه يمكن معاملة إلكترون ذرة النيون كإلكترون في ذرة الهيدروجين، فما الطول الموجي الذي يتنبأ به نموذج بور؟

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\ \text{eV.nm}}{0.967\ \text{eV}} = 1280\ \text{nm}$$

**3.** الطول الموجي الحقيقي للفوتون المنبعث خلال عملية الانتقال 632.8 nm، ما نسبة الخطأ المئوي لتنبؤ نموذج بور للطول الموجي للفوتون؟

$$\text{الخطأ النسبي} = \left|\frac{\text{القيمة المقبولة} - \text{القيمة المتوقعة}}{\text{القيمة المقبولة}}\right| \times 100\%$$

$$= \left|\frac{632.8\ \text{nm} - 1280\ \text{nm}}{632.8\ \text{nm}}\right| \times 100 = 103\%$$

**أي يكون الطول الموجي المحسوب مساويًا لضعف الطول الموجي الحقيقي للفوتون تقريبًا.**

www.almanahj.com