الفصل 8 التقويم

خريطة المفاهيم

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

إتقان المفاهيم

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

30. يصبح الضوء أكثر احمرارًا.

31. وضّح مفهوم تكميته الطاقة.

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

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

32. إن الطاقة الاهتزازية للذرات المتوهجة مكممة.

33. ماذا تسمى كمّات الضوء؟

33. الفوتون.

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؟

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

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؟

35. الفوتونات ذات التردد الأقل من تردد العتبة ليس لها طاقة كافية لتحرير إلكترون. 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.

36. فوتونات الضوء الأحمر ليس لها طاقة كافية لإحداث تفاعل كيميائي للفيلم الذي يتعرض له.

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

37. تنقل التصادمات المرنة كلاً من الزخم والطاقة فقط إذا كان للفوتونات زخم يمكنها من تحقيق المعادلات.

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

38. 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

b. الكتلة

c. الطول الموجي

39. a. وازن بين قوة الجذب مع قوة المجال الكهربائي المؤثرتين في الشحنة.
b. وازن بين قوة المجال الكهربائي مع قوة المجال المغناطيسي لإيجاد m/q، ثم استخدم قيمة q المقيسة.
c. شتت الإلكترونات عن سطح الكريستال وقم بقياس زوايا الحيود.

40. وضح كيف يمكن قياس الخصائص التالية للفوتون:
a. الطاقة
b. الزخم
c. الطول الموجي .

40. a. قس الطاقة الحركية KE للإلكترونات المتحررة من الفلز بطولين موجيين اثنين مختلفين على الأقل. أو قس الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من معدن معلوم عند طول موجي واحد فقط.
b. قس التغير في الطول الموجي لأشعة X المشتتة بواسطة المادة.
c. 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

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؟

41. a. $4000K: \sim 2.5\times10^{14}Hz, 5800K: \sim 3.5\times10^{14}Hz, 8000K: \sim 4.6\times10^{14}Hz$

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

b. يزداد تردد الذروة بزيادة درجة الحرارة.

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

c. تزداد الشدة في الجزء الأحمر من الطيف من 0.5 إلى 9.2 تقريبًا، وتكون الزيادة بمعامل أكبر قليلاً 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؟

b. يشع طاقة أكبر؟

42. a. البرتقالي الساطع **b.** 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؟

43. ليس ضرُوريًا، يتناسب عدد الإلكترونات المنبعثة طرديًا مع عدد الفوتونات الساقطة أو مع شدة الضوء، وليس 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:

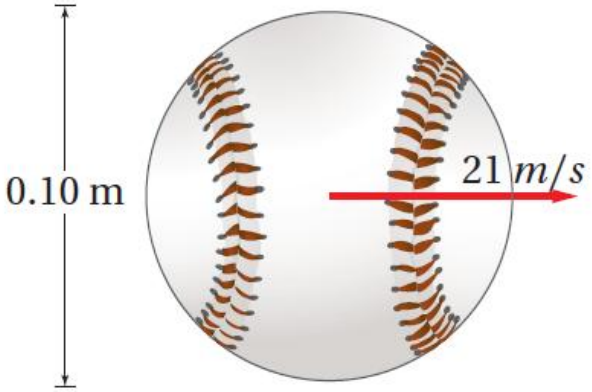
a. له تردد عتبة أكبر؟

b. له اقتران شغل أكبر؟

44. a. الضوء الأزرق له تردد وطاقة أقل من الضوء فوق البنفسجي، لذلك فإن التنجستون له تردد عتبة أكبر.

b. التنجستون.

45. قارن طول موجة دي برولي المصاحبة لكرة البيسبول الموضحة في **الشكل 11–8** بقطر الكرة



الشكل 11–8

45. قطر كرة البيسبول 0.10 m تقريبًا، بينما طول موجة دي برولي 10^{-34} m، وبذلك تكون كرة البيسبول أكبر 10^{33} مرة من الطول الموجي.

إتقان حل المسائل

8–1 النموذج الجسيمي للموجات

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

$$E = nhf, \text{ so}$$

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

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

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

$$KE = -qV_0, \text{ so}$$

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

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

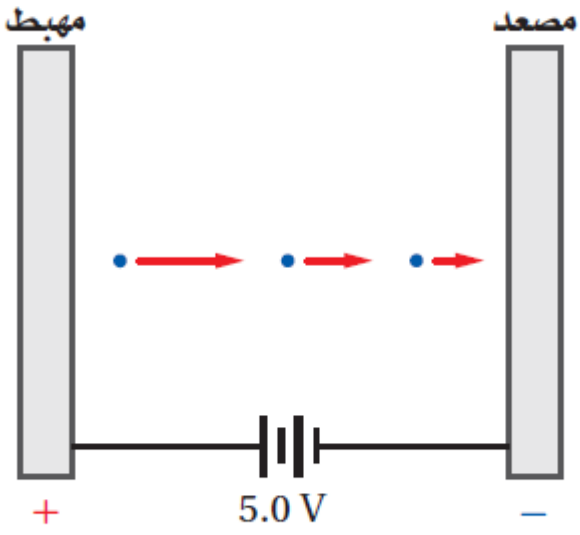
$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J·s}}{4.0\times10^{-7}\ \text{m}}$$

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

49. جهد الإيقاف لإلكترونات فلز معين موضح في الشكل **12–8**. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية بدلالة الوحدات التالية؟

a. الإلكترون فولت

b. الجول



الشكل 12–8

a. electron volts

$$KE = -qV_0$$
$$= -(-1 \text{ elementary charge})(5.0 \text{ V})$$
$$= 5.0 \text{ eV}$$

b. joules

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

50. تردد العتبة لفلز معين 3.00×10^{14} Hz. ما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المتحررة إذا أضيء الفلز بضوء طوله الموجي 6.50×10^{2} 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 4.4×10^{14} Hz؟

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

52. إذا سقط ضوء تردده 1.00×10^{15} 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 ($\lambda = 6980$ nm) كما 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 $4 \times 10^{-11}\ \text{J}$ 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؟

Earth receives about $1000\ \text{J/m}^2$ each second, so

$$E = (1000\ \text{J/m}^2\text{·s})\left(\frac{3600\ \text{s}}{\text{h}}\right)\left(\frac{3000\ \text{h}}{\text{y}}\right)$$

$$= 1\times10^{10}\ \text{J/m}^2\ \text{per year}$$

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؟

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

$$= 2\times10^{2}\ \text{m}^2$$

8–2 موجات المادة

55. ما مقدار طول موجة بـرولي المصاحبة لإلكترون يتحرك بسرعة $3.0 \times 10^{6}\ \text{m/s}$؟

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J·s}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(3.0\times10^{6}\ \text{m/s})}$$

$$= 2.4\times10^{-10}\ \text{m}$$

$$= 0.24\ \text{nm}$$

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

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

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

$$= \frac{6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz}}{(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(3.0\times10^{-10}\ \text{m})}$$

$$= 2.4\times10^{6}\ \text{m/s}$$

57. يتسارع إلكترون في أنبوب أشعة مهبطية من السكون خلال فرق جهد $5.0\times10^{3}\ \text{V}$. 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؟

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

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

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

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.

$$C = 2\pi r$$

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

60. إذا كان طـول موجة دي بـرولي المصاحبة لإلكترون $0.18\ \text{nm}$

a. فـما مقدار فرق الجهد الـذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

The de Broglie wavelength is $\lambda = \frac{h}{mv}$,

which gives a velocity of $v = \frac{h}{m\lambda}$.

The kinetic energy, then, is

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

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

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

In terms of voltage, the kinetic energy is $KE = qV$.

Combining these and solving for voltage,

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}}$$

$$= 47\ \text{V}$$

b. إذا كان طـول موجـة دي بـرولي المصاحبـة لبروتـون $0.18\ \text{nm}$ فما مقدار فرق الجهد الذي تحرك خلاله إذا بدأ الحركة من السكون؟

$$V = \frac{h^2}{2mq\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s})^2}{(2)(1.67\times10^{-27}\ \text{kg})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(0.18\times10^{-9}\ \text{m})^2}$$

$$= 0.025\ \text{V}$$

مراجعة عامة

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

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

62. إذا كان تردد العتبة لفلز ما 8.0×10^{14} Hz، فما اقتران الشغل له؟

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

63. إذا سقط ضوء تردده 1.6×10^{15} Hz على الفلز في المسألة السابقة، فما مقدار الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية؟

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

64. احسب طول موجة دي برولي المصاحبة لديوترون (نواة نظير الهيدروجين ^{2}H) كتلته 3.3×10^{-27} kg ويتحرك بسرعة 2.5×10^{14} m/s.

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

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 15 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؟

$$\text{Work function} = 2.48\ \text{eV} = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}, \text{ so}$$

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

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

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

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

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

a. سرعة الإلكترون.

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

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

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

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

Calculate the energy of the electron in eV.

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

$$= \left(\frac{1}{2}\right)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(1.82\times10^{3}\ \text{m/s})^2 \left(\frac{\text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

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

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؟

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

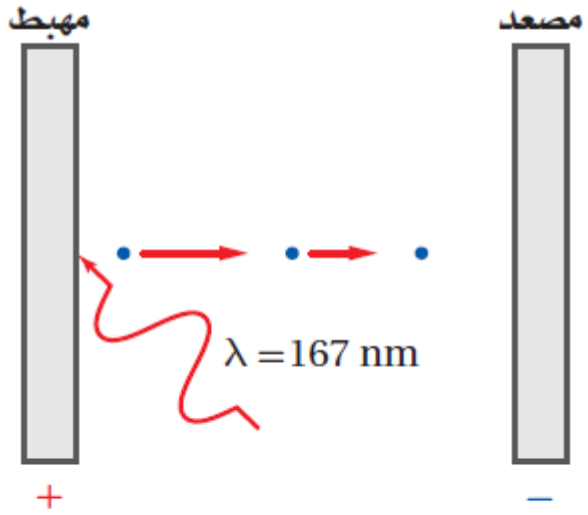
$$= \frac{1}{2}m\left(\frac{h}{m\lambda}\right)^2$$

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

$$= \left(\frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s})^2}{(2)(9.11\times10^{-31}\ \text{kg})(20.0\times10^{-9}\ \text{m})^2}\right)\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right)$$

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

69. يسقط إشعاع على قصدير، كما في الشكل **13–8**. إذا كان تردد العتبة للقصدير $1.2\times10^{15}\ \text{Hz}$ فما مقدار:



الشكل **13–8**

a. طول موجة العتبة للقصدير؟

$$c = \lambda f$$

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

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؟

$$KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$
$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J/Hz})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{167\times10^{-9}\ \text{m}} -$$
$$8.0\times10^{-19}\ \text{J}$$
$$= 3.9\times10^{-19}\ \text{J}$$
$$(3.9\times10^{-19}\ \text{J})\left(\frac{1\ \text{eV}}{1.60\times10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.4\ \text{eV}$$

التفكير الناقد

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.

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

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

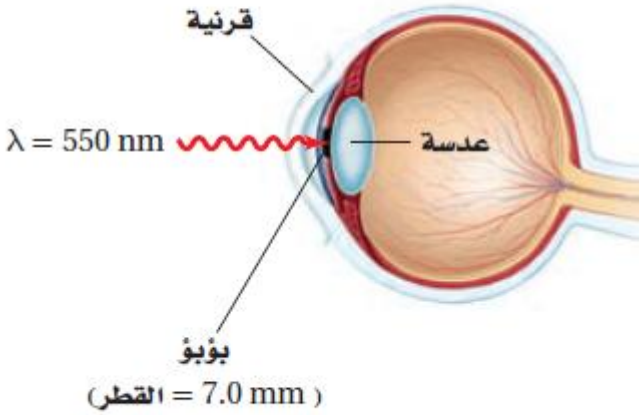
$$n = \frac{P}{E} = \frac{5\times10^{-4}\ \text{J/s}}{3.14\times10^{-19}\ \text{J/photon}}$$
$$= 2\times10^{15}\ \text{photons/s}$$

71. تطبيق المفاهيم يدخل الضوء المرئي الذي شدته $1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2$ بصعوبة إلى عين إنسان، كما في الشكل **14–8**.

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

$$\text{Power} = (\text{intensity})(\text{area})$$
$$= (\text{intensity})(\pi r^2)$$
$$= (1.5\times10^{-11}\ \text{W/m}^2)(\pi(3.5\times10^{-3}\ \text{m})^2)$$
$$= 5.8\times10^{-16}\ \text{W}$$

b. استخدم الطول الموجي المُعطى للضوء المرئي والمعلومات المُعطاة في الشكل 14–8 لكي تحسب عدد الفوتونات التي تدخل العين في كل ثانية.



الشكل 14–8

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{(6.63\times10^{-34}\ \text{J·s})(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{550\times10^{-9}\ \text{m}}$$

$$= 3.62\times10^{-19}\ \text{J}$$

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

$$= 1600\ \text{photons/s}$$

الكتابة في الفيزياء

73. ابحث عن أثقل جسيم يمكن ملاحظة تأثيرات التداخل له. صف التجربة وكيف يحدث التداخل؟

73. حوّل الطول الموجي إلى تردد، ثم حدد أفضل ميل للخط المستقيم

القيمة المقبولة هي: $C = 4.18 \times 10^{-15}\ J/Hz$

$$\frac{h}{e} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ J/Hz}{1.60 \times 10^{14}\ HZ}$$
$$= 4.14 \times 10^{-15}\ J/Hz \cdot C.$$

من خلال الرسم البياني يكون تردد العتبة $f_0 = 4.99 \times 10^{14}\ Hz$، وطول موجة العتبة:

$$\lambda = \frac{C}{f_0} = \frac{3.00 \times 10^{8}\ m/s}{4.99 \times 10^{14}\ HZ}$$
$$= 601\ nm$$

واقتران الشغل $w = hf_0$

$$= (6.63 \times 10^{-34}\ J/Hz)$$
$$= (4.99 \times 10^{14}\ Hz)$$
$$= 3.31 \times 10^{-19}\ J$$