

الفصل السادس عشر
Chapter Sixteen

الفيزياء الحديثة
Modern Physics

المسألة (16.1) Problem

يصدر المصدر الضوئي للصوديوم *Sodium Vapor Lamp* موجات ضوئية فعالة بطول $(\lambda = 589 \text{ nm})$ ، أوجد طاقة الفوتونات الموافقة للموجة الضوئية للصوديوم مقاسة بالإلكترون فولت.

الحل Solution

$$\begin{aligned} E &= hf = h \left(\frac{c}{\lambda} \right) \\ &= (4.14 \times 10^{-5} \text{ eV}\cdot\text{s}) \frac{(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{(589 \times 10^{-9} \text{ m})} \\ &= 2.11 \text{ eV} \end{aligned}$$

المسألة (16.2) Problem

خلال عملية التحلل الإشعاعي *Radioactive Decay* لنواة عنصر مشع، تنبعث منها أشعة غاما *Gamma Ray* تحمل فوتوناتها طاقة مقدارها 1.35 MeV .
أوجد : 1- الطول الموجي الموافق لهذه الفوتونات.
2- العزم *Momentum* الذي تمتلكه هذه الفوتونات.

الحل Solution

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{hc}{hf} = \frac{hc}{E} \quad -1$$

$$= \frac{(4.14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s})(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})}{(1.35 \times 10^6 \text{ eV})}$$

$$= 9.20 \times 10^{-13} \text{ m} = 920 \text{ fm}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{hf}{\lambda f} = \frac{E}{c} \quad -2$$

$$\begin{aligned}
E &= (1.35 \text{ MeV}) = 1.35 \times 10^6 \text{ eV} \\
&= \frac{(1.35 \times 10^6 \text{ eV})}{1.0 \text{ eV}} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) \\
&= 2.16 \times 10^{-13} \text{ J} \\
p &= \frac{(2.16 \times 10^{-13} \text{ J})}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})} \\
&= 7.2 \times 10^{-22} \left(\frac{\text{kg.m}}{\text{s}} \right)
\end{aligned}$$

المسألة (16.3) Problem

يبعد لوح معدني مصنوع من البوتاسيوم مسافة ($r = 3.5 \text{ m}$) عن مصدر ضوئي تبلغ قوته ($p = 1.5 \text{ W}$) كم من الوقت يحتاج اللوح المعدني لامتلاك مقدار من الطاقة (1.8 eV) وذلك كي تنبعث منه الإلكترونات الضوئية؟ وذلك بافتراض أن الإلكترون يحصل على طاقته من خلال استقبال المساحة الدائرية من اللوح ذي نصف القطر ($5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$).

الحل Solution

المساحة الدائرية المستقبلة للإشعاع الضوئي هي :

$$\pi r^2 = 3.14(5.3 \times 10^{-11} \text{ m})^2 = 8.8 \times 10^{-21} \text{ m}^2$$

أما شدة الإشعاع الضوئي فهي :

$$\begin{aligned}
I &= \frac{P}{4\pi d^2} = \frac{1.5 \text{ W}}{(4\pi)(3.5 \text{ m})^2} \\
&= 9.7 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2
\end{aligned}$$

أما نسبة تقاطع الطاقة مع المساحة المحددة على سطح الصفيحة فهي :

$$R = IA = (9.7 \times 10^{-3} W / m^2)(8.8 \times 10^{-21} m^2) \\ = 8.5 \times 10^{-23} W$$

أما الوقت المطلوب فهو :

$$t = \left(\frac{1.8 eV}{8.5 \times 10^{-23} J.s} \right) \left(\frac{1.6 \times 10^{-19} J}{1.0 eV} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 s} \right) \\ = 56 \text{ min}$$

المسألة (16.4) Problem

في المسألة السابقة (16.3) افرض أن الطول الموجي الضوئي يساوي (589 nm)، إذا كانت المساحة المتأثرة بالإشعاع الضوئي (1.0 cm^2) أوجد نسبة عدد الفوتونات التي تصطدم مع الصفيحة المعدنية.

الحل Solution

من المسألة السابقة :

$$I = (9.7 \times 10^{-3} W / m^2) \left(\frac{1.0 eV}{1.6 \times 10^{-19} J} \right) \\ = 6.1 \times 10^{16} eV / m^2 .s$$

أما طاقة الفوتون الواحد في هذه الحالة فهي :

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = 2.11 eV$$

وعلى ذلك نجد أن نسبة الفوتونات التي تصطدم بالصفيحة المعدنية هي :

$$R = (6.1 \times 10^{16} eV / m^2 .s) \left(\frac{1.0 \text{ Photon}}{2.11 eV} \right) (10^{-4} m^2) \\ = 2.9 \times 10^{12} \text{ Photons / s}$$

المسألة (16.5) Problem

- تنتجت أشعة إكس X -Rays من الكربون بطول $(\lambda = 22 \text{ pm})$ حيث تبلغ طاقة الفوتون (56 keV) ، وذلك بزاوية قدرها $(\phi = 85^\circ)$ ، بالنسبة للشعاع الساقط.
- أوجد : 1- انحراف كومبتون $\Delta\lambda$.
- 2- كم ستفقد الفوتونات المستخدمة من طاقتها لقصف الهدف في هذه العملية ؟

الحل Solution

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi) \quad -1$$

$$= \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(1 - \cos 85^\circ)}{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})}$$

$$= 2.21 \times 10^{-12} \text{ m} = 2.21 \text{ pm}$$

ويمكن استخدام الطول الموجي لكومبتون والبالغ $(2.43 \times 10^{-12} \text{ m})$ لإيجاد انحراف كومبتون :

$$\Delta\lambda = (2.43 \times 10^{-12} \text{ m})(1 - 0.037) = 2.21 \text{ pm}$$

وهي ذات النتيجة في الخطوة الأولى.

2- الجزء المفقود من الطاقة هو عبارة عن :

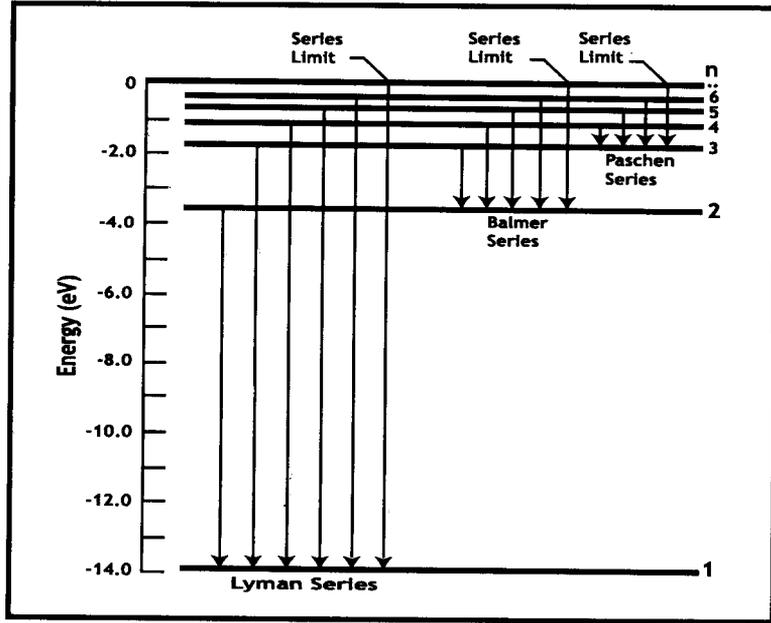
$$\text{frac} = \frac{E - E'}{E} = \frac{hf - hf'}{hf} = \frac{(c/\lambda) - (c/\lambda')}{(c/\lambda)}$$

$$= \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda'} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda}$$

$$= \frac{2.21 \text{ pm}}{22 \text{ pm} + 2.21 \text{ pm}} = 0.091 = 9.1\%$$

المسألة (16.6) Problem

انظر الشكل (16.1)، ثم أوجد أقل مستوى لطاقة الفوتون في سلسلة بالمر *Balmer Series*.



شكل (16.1)، المسألة (16.6)

الحل *Solution*

إن أقل قفزة بين مستوى وآخر في سلسلة بالمر تحدث بين العددين الكميين ($l = 2$) ،
($u = 3$) إذن :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{u^2} \right) \\ &= 0.01097 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \\ &= 1.524 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1} \end{aligned}$$

$$\lambda = 656.3 \text{ nm}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s})(3 \times 10^8 \text{ ms})}{656.3 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 1.89 \text{ eV}$$

المسألة (16.7) Problem

أوجد الطول الموجي عند نهاية سلسلة بالمر، انظر الشكل (16.1) في المسألة السابقة (16.6).

الحل Solution

$$l = 2$$

$$u \rightarrow \infty$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{u^2} \right)$$

$$= (0.01097 \text{ nm}^{-1}) \left(\frac{1}{2^2} \right)$$

$$= 2.743 \times 10^{-3} \text{ nm}^{-1}$$

$$\lambda = 364.6 \text{ nm}$$

المسألة (16.8) Problem

تعتبر المعادلة ($E = hf$) هي معادلة طاقة الفوتون *Energy of Photon*، بيّن أن طاقة الفوتون مقاسة بالإلكترون فولت (eV) بالنسبة للطول الموجي (λ) مقاساً بالنانومتر (nm) يمكن التعبير عنها بالصيغة الآتية :

$$E = \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{\lambda \text{ (nm)}}$$

Solution الحل

نحن نعلم بأن طاقة الفوتون يمكننا التعبير عنها بالمعادلة الرياضية :

$$E = hf$$

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

بينما تمثل (f) تردد الموجة الذي يرتبط بطولها الموجي (λ) بالمعادلة الرياضية :

$$\lambda f = c$$

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s} \quad \text{حيث إن سرعة الضوء :}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})}{\lambda}$$

$$= \frac{1.989 \times 10^{-25} \text{ J.m}}{\lambda}$$

$$1.0 \text{ J} = 6.25 \times 10^{18} \text{ eV} \quad \text{ولكننا نعلم بأن :}$$

$$1.0 \text{ m} = 1 \times 10^9 \text{ nm}$$

$$E = \frac{(1.989 \times 10^{-25})(6.25 \times 10^{18} \text{ eV})(1.0 \times 10^9 \text{ nm})}{\lambda}$$

$$= \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{\lambda \text{ (nm)}}$$

المسألة (16.9) Problem

إذا كان الضوء ذو اللون البرتقالي *Orange-Color* الصادر من مصادر إنارة الطرقات السريعة، يصدر بطول موجي ($\lambda = 589 \text{ nm}$)، أوجد طاقة الفوتون الواحد الصادر من هذا المصدر.

Solution الحل

$$\lambda = 589 \text{ nm}$$

الطول الموجي للون البرتقالي:

المطلوب إيجاد طاقة الفوتون الواحد.

بالرجوع إلى المسألة (16.8) نجد أننا قد توصلنا إلى إمكانية التعبير عن طاقة الفوتون بالصيغة الرياضية :

$$E = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{\lambda \text{ (nm)}}$$

حيث تقاس الطاقة بوحدة (eV)، بينما يقاس الطول الموجي بوحدة (nm).

$$E = \frac{1240 \text{ (eV} \cdot \text{nm)}}{589 \text{ (nm)}}$$

$$= 2.11 \text{ eV}$$

المسألة (16.10) Problem

إذا كان الطول الموجي لأشعة إكس (X-Ray) ($\lambda = 35.0 \text{ pm}$).

أوجد : 1- طاقة الفوتونات (E).

2- تردد الأشعة (f).

3- عزم الأشعة (P).

Solution الحل

الطول الموجي لأشعة X - هو :

$$\lambda = 35.0 \text{ pm} = 35.0 \times 10^{-3} \text{ nm}$$

1- من نتيجة المسألة (16.8) نجد أيضاً أن طاقة الفوتون عبارة عن :

$$E = \frac{1240 \text{ (eV} \cdot \text{nm)}}{\lambda \text{ (nm)}}$$

$$= \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{35.0 \times 10^{-3} \text{ nm}} = 3.54 \times 10^4 \text{ eV} = 35.4 \text{ keV}$$

2- تردد هذه الأشعة يمكننا إيجاده من المعادلة المعروفة :

$$\lambda f = c$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})}{(35.0 \times 10^{-12} \text{ m})}$$
$$= 8.57 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

3- من المعادلة التي تربط بين العزم (p) وكل من ثابت بلانك (h) والطول الموجي (λ) نجد أن :

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})}{(3.5 \times 10^{-11} \text{ m})} = 1.89 \times 10^{-23} \text{ kg.m/s}$$

المسألة (16.11) Problem

في الظروف النموذجية تستطيع عين الإنسان أن ترى الأحداث التي حولها بطول موجي ($\lambda = 550 \text{ nm}$)، إذا كانت الفوتونات الساقطة على العين بنسبة (100) فوتون لكل ثانية، أوجد القدرة الموافقة لذلك.

الحل Solution

الطول الموجي : $\lambda = 550 \text{ nm}$

عدد الفوتونات : $100/s$

القدرة الموافقة لذلك ؟

إن طاقة الفوتون هي :

$$E = \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{\lambda \text{ (nm)}}$$
$$= \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{550 \text{ (nm)}} = 2.25 \text{ eV}$$

ومعلوم لدينا من ناحية أخرى بأن العلاقة بين الطاقة والقدرة هي :

$$p = \frac{E}{t} = (2.25 \text{ eV})(1.6 \times 10^{-19} \text{ J}) \frac{100}{1.0 \text{ s}}$$
$$= 3.6 \times 10^{-17} \text{ W}$$

المسألة (16.12) Problem

تصدر الفوتونات الكهروضوئية من مادة معينة بدالة شغل *Work-Function* مقداره (2.3 eV) ، وبتردد قدره $(3 \times 10^{15} \text{ Hz})$.
أوجد أقصى قيمة للطاقة الحركية لهذه الفوتونات.

الحل Solution

دالة الشغل لهذه المادة : $(\Phi = 2.3 \text{ eV})$

تردد الفوتونات : $(f = 3 \times 10^{15} \text{ Hz})$

أقصى قيمة للطاقة الحركية للفوتون : $K_m = ?$

نحن نعلم بأن العلاقة الرياضية بين طاقة الفوتون ودالة الشغل والطاقة القصوى هي :

$$K_m = h f - \Phi$$

حيث (h) هو ثابت بلانك، ومقداره :

$$h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

$$K_m = (4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s})(3.0 \times 10^{15} \text{ Hz}) - 2.3 \text{ eV}$$
$$= 10 \text{ eV}$$

المسألة (16.13) Problem

أوجد السرعة القصوى للفوتونات الإلكترونية *Photoelectrons* التي تشع من مادة التنغستين *Tungsten* عندما يسقط عليه إشعاع ضوئي تبلغ طاقة فوتوناته (5.80 eV) ، إذا علمت أن دالة الشغل للتنغستين تساوي (4.5 eV) .

الحل Solution

طاقة الفوتونات الساقطة : $(5.8 eV)$

دالة الشغل للتغستين : $(\Phi = 4.5 eV)$

المطلوب إيجاد السرعة القصوى للفوتونات الإلكترونية : $v = ?$

نحدد أولاً الطاقة الحركية للفوتون :

$$K_m = hf - \Phi = (5.8 eV) - (4.5 eV)$$

$$= 1.3 eV$$

$$K_m = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \left(\frac{2 K_m}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

وعندما تسير الفوتونات الإلكترونية بسرعة الضوء عند انطلاقها نجد أن :

$$v = \left(\frac{2 K_m (c^2)}{mc^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\frac{2(1.3 eV)(3 \times 10^8 m/s)^2}{0.511 \times 10^6 eV}\right]^{\frac{1}{2}} = 6.76 \times 10^5 m/s$$

المسألة (16.14) Problem

إذا كانت دالة الشغل لمعدن هي $(1.8 eV)$ ، أوجد جهد الإيقاف *Stopping Potential* لضوء يبلغ طوله الموجي $(\lambda = 400 nm)$ ، ثم أوجد أقصى سرعة للفوتونات الإلكترونية الصادرة في هذه الحالة.

الحل Solution

دالة الشغل تساوي : $(\Phi = 1.8 eV)$

الطول الموجي للضوء : $(\lambda = 400 nm)$

المطلوب إيجاد جهد الإيقاف (V_0) وكذلك سرعة الفوتونات الإلكترونية ؟

إن الطاقة الحركية التي يمتلكها الفوتون هي :

$$K_m = h f - \Phi$$

$$K_m = eV_0$$

وهي تساوي من ناحية أخرى :

$$eV_0 = h f - \Phi$$

$$V_0 = \frac{h f - \Phi}{e}$$

$$e = h f = \frac{1240 (eV \cdot nm)}{(\lambda \text{ nm})}$$

$$= \frac{1240 (eV \cdot nm)}{(400 \text{ nm})}$$

$$= 3.1 eV$$

$$V_0 = \frac{3.1 eV - 1.8 eV}{1.6 \times 10^{-19} c} = 8.125 \times 10^{18} \frac{eV}{c}$$

$$1.0 eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

$$V_0 = \frac{(8.125 \times 10^{18})(1.6 \times 10^{-19} J)}{c}$$

$$= 1.3 \text{ Volt}$$

أما أقصى سرعة للفوتونات الإلكترونية فهي وكما ورد في السؤال (16.12) نجد أن :

$$eV_0 = \frac{1}{2} m v^2 = E - \Phi$$

$$v^2 = \frac{2 eV_0}{m}$$

بضرب البسط والمقام بمربع سرعة الضوء (c^2) نجد أن :

$$v = \left(\frac{2 e V_0 c^2}{m c^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$m c^2 = 0.511 \times 10^6 \text{ eV} \quad \text{والمقدار :}$$

$$v = \left[\frac{2(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(1.3 \text{ V})(3 \times 10^8)^2}{0.511 \times 10^6 (1.6 \times 10^{-19} \text{ J})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 6.8 \times 10^5 \text{ m/s}$$

المسألة (16.15) Problem

تبلغ قيمة جهد الإيقاف للفوتونات الإلكترونية *Photoelectrons* الصادرة من سطح معدني مضاء بضوء طوله الموجي ($\lambda_1 = 491 \text{ nm}$) ، (0.710 V) ، عندما تتغير الموجة الساقطة إلى طول موجي جديد (λ_2) يصبح جهد الإيقاف (1.43 V) .

- 1- أوجد مقدار الطول الموجي الجديد (λ_2) .
- 2- أوجد دالة الشغل للسطح المعدني .

الحل Solution

جهد الإيقاف : ($V_0 = 0.710 \text{ V}$)

الطول الموجي للضوء : ($\lambda_1 = 491 \text{ nm}$)

الطول الموجي الجديد : $\lambda_2 = ?$

1- الطول الموجي الجديد (λ_2) هو :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \Phi + K_{m1} \quad \dots (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \Phi + K_{m2} \quad \dots (2)$$

من المعادلة رقم (1) نجد أن :

$$\Phi = \frac{hc}{\lambda_1} - K_{m1} \quad \dots (3)$$

نعوض المعادلة (3) في المعادلة رقم (2) فنجد أن :

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_1} - K_{m1} + K_{m2}$$

$$\lambda_2 = \frac{hc \lambda_1}{hc + \lambda_1(K_{m2} - K_{m1})}$$

$$= \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})(491 \text{ nm})}{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})(491 \text{ nm})(1.43 \text{ eV} - 0.71 \text{ eV})}$$

$$= 382 \text{ nm}$$

نلاحظ أننا عوضنا عن المقدار (hc) عددياً بما يساويه وهو :

$$hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

2- أما دالة الشغل فيمكن إيجادها من المعادلة رقم (1) :

$$\Phi = \frac{hc}{\lambda_1} - K_{m1}$$

$$= \frac{(1240 \text{ eV} \cdot \text{nm})}{(491 \text{ nm})} - 0.710 \text{ eV}$$

$$= 1.82 \text{ eV}$$

المسألة (16.16) Problem

يبلغ الطول الموجي لفوتونات أشعة إكس الساقطة على إلكترون بزواوية $(\phi = 180^\circ)$ ،

$$(\lambda = 0.01 \text{ nm}).$$

أوجد : 1- التغير الحاصل في الطول الموجي للفوتون $(\Delta\lambda)$.

2- التغير الحاصل في طاقة الفوتون.

3- الطاقة الحركية المضافة للإلكترون.

Solution الحل

($\lambda = 0.01 \text{ nm}$) : الطول الموجي للأشعة (X) يساوي

($\phi = 180^\circ$) : زاوية سقوط الأشعة

1- التغير الحاصل في الطول الموجي : $=(\Delta\lambda)$ ؟

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \left(\frac{h}{mc}\right)(1 - \cos\phi) \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}(1 - (-1)) \\ &= 4.85 \times 10^{-12} \text{ m} \\ &= 4.85 \text{ pm} = 4.85 \times 10^{-3} \text{ nm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta E &= hc \left[\frac{1}{\lambda'} - \frac{1}{\lambda} \right] \quad -2 \\ &= hc [\lambda' - \lambda]^{-1} \\ &= (1240 \text{ eV.s}) [(0.01 \text{ nm} + 4.85 \times 10^{-3} \text{ nm})]^{-1} - [0.01 \text{ nm}]^{-1} \\ &= -40 \times 10^3 \text{ eV} = -41 \text{ keV}\end{aligned}$$

3- الطاقة الحركية المضافة للإلكترون :

$$\begin{aligned}\Delta K &= -E = -(-40 \times 10^3 \text{ keV}) \\ &= +40 \times 10^3 \text{ keV}\end{aligned}$$

المسألة (16.17) Problem

أوجد أقصى قيمة لانحراف الطول الموجي الناتج عن تأثير كومبتون *Compton*

Collision بين الفوتون والبروتون الحر.

الحل Solution

المطلوب تحديد ($\Delta\lambda_{\max}$) بين الفوتون والبروتون الحر.

من المعادلة الرياضية لتأثير كومبتون :

$$\Delta\lambda_{\max} = \left[\left(\frac{h}{m_p c} \right) (1 - \cos \phi) \right]$$

نلاحظ هنا أننا استبدلنا كتلة الإلكترون بكتلة البروتون (m_p) وعليه فإن أقصى طول موجي يتحقق عندما تكون الزاوية ($\phi = 180^\circ$).

$$\Delta\lambda_{\max} = \frac{h}{m_p c} (2)$$

$$= \frac{2h}{m_p c}$$

$$= \frac{2(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})}{(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}$$

$$= 2.647 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$= 2.647 \text{ fm}$$

المسألة (16.18) Problem

تعتبر عين الإنسان أكثر إحساساً للون الأصفر المخضر *Yellowgreen* بطوله الموجي ($\lambda = 550 \text{ nm}$)، أوجد مقدار درجة حرارة الفجوة المشعة *Cavity Radiation* كي تصدر هذا الإشعاع الضوئي.

الحل Solution

الطول الموجي للون الأصفر : ($\lambda = 550 \text{ nm}$)

درجة حرارة الفجوة المشعة : $T = ?$

إنّ العلاقة الرياضية بين درجة الحرارة والطول الموجي عندما يكون في حدوده القصوى، وهي :

$$\lambda_{\max} T = 2898 \mu m.K$$

$$T = \frac{2898 \mu m.K}{550 \times 10^{-3} \mu m}$$
$$= 5270 K$$

وهكذا يمكننا معرفة درجات الحرارة لباقي الألوان، من خلال معرفتنا لأقصى طول موجي (λ_{\max}).

المسألة (16.19) Problem

إذا كانت الذرة تمتص فوتون بتردد ($6.2 \times 10^{14} Hz$)، أوجد مقدار الزيادة في طاقة الذرة.

الحل Solution

مقدار تردد الفوتون : ($\Delta f = 6.2 \times 10^{14} Hz$) وهو يمثل مقدار التغير في التردد.

المطلوب إيجاد مقدار الزيادة في طاقة الذرة.

نحن نعلم أنّ العلاقة الرياضية التي تعبّر لنا عن مقدار الزيادة في الطاقة، هي :

$$\Delta E = h \Delta f$$

$$\Delta E = h \Delta f$$

$$= (4.14 \times 10^{-15} eV)(6.2 \times 10^{14} Hz)$$

$$= 2.57 eV$$

المسألة (16.20) Problem

إذا كانت الذرة التي تمتص فوتوناً بطول موجي ($\lambda_1 = 375 \text{ nm}$)، وفي ذات الوقت تشع فوتوناً آخر بطول موجي ($\lambda_2 = 580 \text{ nm}$)، أوجد حاصل الطاقة الصافي الذي امتصته الذرة.

الحل Solution

الطول الموجي للفوتون الذي يتم امتصاصه : ($\lambda_1 = 375 \text{ nm}$)

الطول الموجي للفوتون الذي تشعه الذرة : ($\lambda_2 = 580 \text{ nm}$)

مقدار الطاقة الصافي الذي امتصته الذرة ؟

$$\begin{aligned}\Delta E &= hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \\ &= 1240 \text{ eV} \left(\frac{1}{375 \text{ nm}} - \frac{1}{580 \text{ nm}} \right) \\ &= 1.169 \text{ eV}\end{aligned}$$

المسألة (16.21) Problem

تنتقل ذرة الهيدروجين من المستوى ($n = 3$) إلى المستوى ($n = 1$).

أوجد : 1- طاقة الفوتون المرافق لهذا الانتقال.

2- العزم، والطول الموجي لهذا الفوتون.

الحل Solution

تنتقل الذرة من : ($n = 3$) إلى ($n = 1$).

1- طاقة الفوتون المرافق للانتقال :

$$\begin{aligned}E &= E_i - E_f = \frac{(-13.6 \text{ eV})}{(3)^2} - \frac{(-13.6 \text{ eV})}{(1)^2} \\ &= 12.1 \text{ eV}\end{aligned}$$

ذلك أننا نعلم بأن طاقة الإلكترون في ذرة الهيدروجين هي :

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

2- عزم الإلكترون هو :

$$\begin{aligned} p &= \frac{E}{c} \\ &= \frac{(12.1 \text{ eV})(1.6 \times 10^{-19} \text{ eV/J})}{3.0 \times 10^8 \text{ m/s}} \\ &= 6.45 \times 10^{-29} \text{ kg.m/s} \end{aligned}$$

أما الطول الموجي لهذا الفوتون فهو :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{12.1 \text{ (eV)}} \\ &= 102 \text{ nm} \end{aligned}$$

المسألة (16.22) Problem

يبلغ الطول الموجي لأحد خطوط الطيف لأشعة إكس الصادرة من الذهب $(\lambda = 18.5 \text{ pm})$ ، وتبلغ طاقة الفوتونات المرافقة لعملية انتقال ذرة الذهب بين مستويين ثابتين للطاقة، العلوي يساوي (-13.7 eV) . أوجد طاقة المستوى السفلي في عملية الانتقال.

الحل Solution

الطول الموجي : $(\lambda = 18.5 \text{ pm})$

طاقة الفوتونات : $E_i = -13.7 \text{ eV}$

المطلوب : E_f

$\Delta E = E_i - E_f = hf$ نحن نعلم بأن فرق الطاقة (ΔE) هو عبارة عن :

$$E_f = E_i - hf$$

$$= (-13.7 \text{ eV}) - \frac{hc}{\lambda}$$

$$= (-13.7 \text{ eV}) - \frac{1240 (\text{eV} \cdot \text{nm})}{18.5 \times 10^{-3} (\text{nm})}$$

$$= (-13.7 \text{ eV}) - (6.7 \times 10^4 \text{ eV})$$

$$= -80.7 \times 10^3 \text{ eV} = -80.7 \times 10^3 \text{ keV}$$