第 16 章 早期量子论和量子力学基础

一、选择题

1．D　2．A　3．A　4．D　5．C
6．C　7．D　8．B　9．C　10．D

二、计算题

1．解: 太阳表面的温度大约为

$$T=\frac{b}{\lambda_m}=\frac{2.897\times10^{-3}}{510\times10^{-9}}=5680\quad(\mathrm{K})$$

2．解:（1）光子的能量为 $E=h\nu=hc/\lambda$，
根据爱因斯坦光电效应方程: $h\nu=E_{\mathrm{k}}+A$，
产生的光电子的最大初动能为

$$E_{\mathrm{k}}=h\nu-A=6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}/2.0\times10^{-7}-6.72\times10^{-19}=3.23\times10^{-19}\quad(\mathrm{J})$$

（2）遏止电势差的公式为 $eU_a=E_{\mathrm{k}}$
遏止电势差为

$$U_a=E_{\mathrm{k}}/e=3.23\times10^{-19}/1.6\times10^{-19}=2.0\ (\mathrm{V})$$

（3）铝的红限频率为 $\nu_0=A/h$，红限波长为

$$\lambda_0=c/\nu_0=hc/A=6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}/6.72\times10^{-19}=2.96\times10^{-7}\ (\mathrm{m})$$

3．解：（1）由图中数据可知，该金属的红限频率 $\nu_0=5.0\times10^{14}$ Hz

（2）由 $e|U_a|=h\nu-A$ 得 $|U_a|=h\nu/e-A/e$，即 $\mathrm{d}|U_a|/\mathrm{d}\nu=h/e$ (恒量) 由此可知，对不同金属，曲线的斜率相同。

（3）$\mathrm{h}=e\dfrac{2.0-0}{(10.0-5.0)\times10^{14}}=6.4\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$ 。

4．解：（1）由康普顿散射公式，有

$$\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0=2\lambda_c\sin^2\frac{\theta}{2}\qquad(1)$$

$$=2\times0.024\times\sin^2 45^\circ$$

$$=0.0024\ \mathrm{nm}$$

散射光波长

$$\lambda=\lambda_0+\Delta\lambda=0.04+0.0024$$

$$=0.0424\ (\mathrm{nm})\ =4.24\times10^{-12}(\mathrm{m})$$

（2）反冲电子动能等于入射 X 射线与散射光波能量之差，故

$$E_{\mathrm{k}}=\frac{\mathrm{h}c}{\lambda_0}-\frac{\mathrm{h}c}{\lambda}=\mathrm{h}c(\frac{1}{\lambda_0}-\frac{1}{\lambda})$$

$$=6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}\times(\frac{1}{0.4}-\frac{1}{0.424})\times10^{10}\qquad(2)$$

$$=2.81\times10^{-16}(\mathrm{J})=1.76\times10^{3}(\mathrm{eV})$$

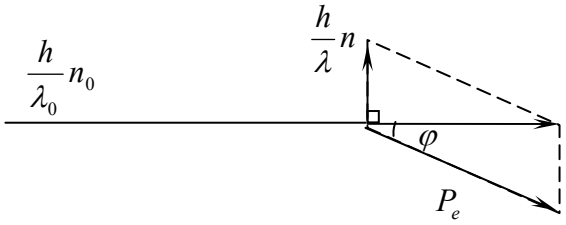
（3）如图所示，根据动量守恒，有

$$P_e = \mathrm{h}\left(\frac{1}{\lambda_0^{\,2}} + \frac{1}{\lambda^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{\mathrm{h}}{\lambda_0 \lambda}\left(\lambda_0^{\,2} + \lambda^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

$$= \frac{6.63\times10^{-34}}{0.4\times0.424\times10^{-20}} \times (0.4^2 + 0.424^2)^{\frac{1}{2}} \times 10^{-10}$$

$$= 2.28\times10^{-23}(\mathrm{kg\cdot m/s})$$

$$\varphi = \arctan\frac{\lambda_0}{\lambda} = \arctan\frac{0.4}{0.424} = 43.3^\circ$$



5．解：（1）德布罗意公式：$\lambda = \mathrm{h}/(mv)$

由题可知α粒子受磁场力作用作圆周运动

$$\therefore\ qvB = m_\alpha v^2 / R\ ,\quad m_\alpha v = qRB$$

另$q = 2e$ $$\therefore\ m_\alpha v = 2eRB$$

故 $$\lambda_\alpha = \mathrm{h}/(2eRB) = 1.00\times10^{-11}\,\mathrm{m} = 1.00\times10^{-2}\,\mathrm{nm}$$

（2）由上一问可得$v = 2eRB/m_\alpha$

对于质量为 m 的小球

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{2eRB}\cdot\frac{m_\alpha}{m}$$

$$= \frac{m_\alpha}{m}\cdot\lambda_\alpha = 6.64\times10^{-34}\ \ \mathrm{m}$$

6．解: 粒子的动量为 $p = mv$

动量的不确定量为 $\Delta p = p/1000$

根据动量和位置的不确定关系 $\Delta p\cdot\Delta x \geqq \hbar/2$

位置的不确定量为 $\Delta x = \hbar/2\Delta p$.

（1） $$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2\Delta p} = \frac{1000\mathrm{h}}{4\pi mv} = \frac{1000\times6.63\times10^{-34}}{4\pi\times5\times10^3\times2} = 5.276\times10^{-30}\ (\mathrm{m})$$

（2） $$\Delta x \geq \frac{\hbar}{2\Delta p} = \frac{1000\mathrm{h}}{4\pi mv} = \frac{1000\times6.63\times10^{-34}}{4\pi\times9.1\times10^{-31}\times1.8\times10^8} = 3.22\times10^{-10}\ (\mathrm{m})$$