第一章习题解答

1.1 根据汤姆孙的原子模型，已知氢原子的电离能是 13.6eV.

(1) 试确定氢原子的半径（请先写出均匀电荷分布球内的电势）；

(2) 若氢原子的辐射波长为 0.6 μm，试估算原子的半径。

解：

(1) 设原子半径为 R，在球内一点，距球心的距离为 r，假定在无穷远处是电势为 0，则该点的电势 V：

$$V(r)=\int_r^R \vec{E}\cdot d\vec{l}+\int_R^\infty \vec{E}\cdot d\vec{l}$$

$$V(r)=\int_r^R \frac{e\cdot r'}{4\pi\varepsilon_0 R^3}dr'+\int_R^\infty \frac{e}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}dr'$$

$$=\frac{e(3R^2-r^2)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}$$

该点的电势能 $E=\dfrac{-e^2(3R^2-r^2)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}$。

在汤姆逊模型内，氢原子的电离能是：

$$\frac{e^2 3}{8\pi\varepsilon_0 R}=13.6\text{eV}$$

解得：　R＝0.16 nm。

(2) 电子受力 $F=\dfrac{e^2 r}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$， $F=m_e\ddot{r}$ 。 $\dfrac{\ddot{r}}{r}=\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e R^3}=\omega^2=(\dfrac{2\pi c}{\lambda})^2$

代入数据： $R=2.95\times10^{-10}m$ 。

1.2 动能 $T=0.87\text{MeV}$ 的质子轰击静止的汞核，当散射角 $\theta=\pi/2$ 时，求它们之间的最小距离和瞄准距离。

解：

$$D=(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0})(\frac{zZe^2}{E})=1.32\times10^{-13}m$$

瞄准距离：

$$b=\frac{D\cdot\cot(\theta/2)}{2}=0.66\times10^{-13}m$$

最小距离：

$$r_m=\frac{D}{2}[1+\frac{1}{\sin(\theta/2)}]=1.59\times10^{-13}m$$

1.3 一窄束动能为 100 keV 的质子垂直地入射在厚度为 1.0 mg/cm^2 的金箔上，计数器记录以 60^0 角散射的质子。加速器圆形输入孔的面积为 1.0 cm^2 ，它到金箔散射区的距离保持 10 cm ，输入孔垂直对着射到它上面的质子。试求射进计数器的质子的百分数（金 Au：A＝197，Z＝79，ρ ＝1.93×10^4 kg/m^3）。

解：
$$\frac{dn}{n}=Nt\times\frac{d\sigma}{d\Omega}\times d\Omega$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}=(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2(\frac{zZ}{4E})^2\frac{1}{\sin^4(\theta/2)}$$

$$=1.29\times10^{-24}m^2$$

$$d\sigma=\frac{d\sigma}{d\Omega}d\Omega=1.29\times10^{-26}m^2$$

$$\frac{dn}{n}=d\sigma\times N\times t=1.29\times10^{-26}m^2\times3.06\times10^{18}/cm^2$$

$$=0.039\%$$

1.4 动能 $T=1.2$ MeV 的质子和金原子核散射，散射在从 $\theta=\pi/3$ 到 π 的角间隔内，试计算与此相应的散射截面。

解：
$$d\sigma=\frac{d\sigma}{d\Omega}\times d\Omega=2\pi\int_{\pi/2}^{\pi}(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2(\frac{zZ}{4E})^2\frac{1}{\sin^4(\theta/2)}\sin\theta d\theta$$

代入数据，得： $d\sigma=211b$

1.5 一束动能为 1.0 MeV 的强度为 3.6×10^4 个/秒 的 α 粒子，垂直地射在厚度为 1.0μm 的金箔上。试求 10 min. 内被金原子散射到下列角间隔里的 α 粒子的数目。

(1) $59^0\sim61^0$；

(2) $\theta>\theta_0=60^0$；

(3) $\theta<\theta_0=10^0$

解：(1)
$$d\sigma=\frac{d\sigma}{d\Omega}\times d\Omega=2\pi\int_{59^o}^{61^o}(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2(\frac{zZ}{4E})^2\frac{1}{\sin^4(\theta/2)}\sin\theta d\theta$$

$$=9.83\times10^{-27}m^2$$

$$\frac{dn}{n}=d\sigma\times N.t=5.9\times10^{-22}m^{-2}\times9.83\times10^{-27}m^{-2}=5.8\times10^{-4}$$

10 分钟散射的粒子数：

$$n=3.6\times10^4\times5.8\times10^{-4}\times6\times10^2=1.25\times10^4$$

(2) 同上问，改变积分区间：计算得：

$$n=1.55\times10^5$$

(3)散射到 10 度－180 度的粒子数可以计算得：

$$n=6.75\times10^6$$

总的粒子数：2.16×10^{7}

故散射到 0 度－10 度的粒子数为：1.48×10^{7}

1.6 对于氢原子、He^{+}、Li^{++}，若认为原子核是不动的，试计算

(1) 前两个玻尔轨道的半径及电子在这些轨道上的速度；

(2) 电子在基态的动能和它的结合能；

(3) 第一激发态电势及共振线（指第一激发态和基态间的跃迁辐射）的波长。

解：(1) $r_n=\dfrac{n^2}{Z}a_0$, $v_n=\dfrac{\alpha c}{n}Z$

氢原子 Z=1: $r_1=0.53\times10^{-10}m$, $r_2=2.12\times10^{-10}m$

$v_1=2.2\times10^{6}m\times s^{-1}$, $v_2=1.1\times10^{6}m\times s^{-1}$

He^{+}， Z=2: $r_1=0.26\times10^{-10}m$, $r_2=1.06\times10^{-10}m$

$v_1=4.4\times10^{6}m\times s^{-1}$, $v_2=2.2\times10^{6}m\times s^{-1}$

Li^{++}，Z=3: $r_1=0.18\times10^{-10}m$, $r_2=0.71\times10^{-10}m$

$v_1=6.6\times10^{6}m\times s^{-1}$, $v_2=3.3\times10^{6}m\times s^{-1}$

(2) 氢原子 电子动能 $T=13.6eV$， 结合能 $E=13.6eV$

氦离子 电子动能 $T=54.4eV$， 结合能 $E=54.4eV$

二价锂离子 电子动能 $T=122.4eV$， 结合能 $E=122.4eV$

(3) 氢原子的第一激发势： $U=10.2eV$

$$\lambda=\frac{hc}{\Delta E}=121.6nm$$

氦离子： $U=40.8eV$

$$\lambda=\frac{hc}{\Delta E}=30.4nm$$

二价锂离子： $U=91.8eV$

$$\lambda=\frac{hc}{\Delta E}=13.5nm$$

1.7 已知氢原子的电离能为 13.6 eV。试问 B^{++++} 类氢离子从 n＝2 能级跃迁到 n＝1 的辐射能量。

解：B^{++++} 的基态结合能： $13.6\times5^2=340eV$

n=2 到 n=1 的辐射能量：255 eV

1.8 已知氢原子的巴耳末系及 He^{+} 的毕克林系的线系限为 2741940 和 2743059m^{-1}，求质子和电子质量之比。

解：　　里德伯常量　　$R_M = R_\infty \dfrac{M}{m_e + M}$

　　这两个线系的线系限　　$\tilde{\nu} = R_M(\dfrac{1}{2^2})$

可得：　　$\dfrac{\tilde{\nu}_H}{\tilde{\nu}_{He}} = \dfrac{M_P}{m_e + M_P} \times \dfrac{m_e + 4M_P}{4M_P} = \dfrac{2741940}{2743059}$

$$M_P : m_e = 1837.5$$

1.9 能量为 6.0 MeV 的质子束被金箔散射，其中有 1.0×10^{-4} 的入射质子的散射角大于 60^0，求金箔的厚度。

解：

$$d\sigma = \frac{d\sigma}{d\Omega} \times d\Omega = 2\pi\int_{\pi/3}^{\pi} (\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2 (\frac{zZ}{4E})^2 \frac{1}{\sin^4(\theta/2)} \sin\theta d\theta$$

$$\frac{dn}{n} = (\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2 (\frac{zZ}{4E})^2 Nt \frac{8\pi}{\sin^3(\theta/2)} d\sin(\theta/2)$$

$$\frac{\Delta n}{n} = (\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0})^2 (\frac{zZ}{4E})^2 Nt \int_{30}^{90} \frac{8\pi}{\sin^3(\theta/2)} d\sin(\theta/2)$$

$$=1.44(eV\times nm)^2(79/4\times E)^2(5.9\times10^4)12\pi \times t = 10^{-4}$$

$$t = 2.03\mu m$$

1.10　当氢原子跃迁到激发能为 10.19 eV 的状态时，发射一个波长为 485 nm 的光子，试确定初始能态的结合能。

解：光子的能量：$E = \dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{1240eV\cdot nm}{485nm} = 2.56eV$

　　初始状态的结合能：$13.6 - 10.19 - 2.56 = 0.85eV$

1.11　某种类氢离子的光谱中，已知属于同一线系的三条谱线的波长分别为 99.2nm，108nm 和 121.5nm。试问还可以预言哪些光谱线？

解：　$R = 1.097\times10^7 m^{-1}$

　　$\dfrac{\tilde{\nu}}{R}$ 分别为：0.9189, 0.8401, 0.7503 很接近 R，所以

　　可写为　$\tilde{\nu} = R(1 - \dfrac{1}{k^2})$，k = 3.5，2.5，2。

　Z＝偶数的类氢离子都可能有这三条谱线，不过，可能性最大是

　Z=2,　$\tilde{\nu} = 4R(\dfrac{1}{m^2} - \dfrac{1}{n^2})$ 的谱系，m =2, n = 4,5,7

可以预言属于同一谱线系的波长：

n=3, λ=164.1nm

n=6, $\lambda = 102.5nm$ 及 n = 8，9，…的谱线。

1.12 若氢原子被激发到 n=10 的能级，试问可能发射的谱线有多少条？

解： 共有 45 种谱线。

1.13 气体放电管用能量为 12.2eV 的电子去轰击氢原子，试确定此时的氢所发射的谱线的波长。

解：氢原子各态的结合能：13.6eV，3.4eV，1.5eV，…，

12.2eV 的能量可以使 n=1 能级的电子跃迁到 n=2，n=3 能级，退激发时可以发射的光子能量：12.1eV, 10.2eV, 1.9eV；波长有 102.6，121.8，653 nm。

1.14 对于一个正电子和负电子所组成的原子体系（电子偶素），试求出：

(1) 在基态时粒子之间的距离；

(2) 电离电势和第一激发电势；

(3) 里德伯常量及共振线（指第一激发态和基态间的跃迁辐射）的波长。

解：(1) 基态粒子之间的距离 $r_1 = 2a_0 = 1.06\times10^{-10}m = 0.106nm$

(2) 电离电势 $E = 13.6/2 = 6.8eV$

第一激发电势 $E = 3.4/2 = 1.7eV$

(3) 里德伯常量：$R = \frac{1}{2}R_\infty$=0.548×10^7 m^{-1},

共振线波长：$\lambda = \frac{1240eV \cdot nm}{5.1eV} = 243nm$

1.15 若有一个质量为 207 m_e ，负电荷的 μ 介子和 Z=1 的原子核组成一个原子，试计算：

(1) 基态时μ 介子和核之间的距离；

(2) 当原子核是质子和氘（^{2}H）核时，原子基态的能量。

解：(1) 基态时的介子与核的距离：此系统的约化质量

$m = \frac{207*1836}{207+1836}m_e = 186m_e$，$r_1$ =a$_0$/186＝2.85×10^{-4} nm。

(b) $E = -\frac{1}{2}m(\alpha c)^2$，原子核是质子时：$E$=-2530 eV；

原子核氘核时：$m_{d\mu} = \frac{207*1836*2}{207+1836*2}m_e = 196m_e$

E = - 2665 eV。

1.16 设氢原子原来是静止的，求当由 n = 4 的态直接跃迁到 n = 1 的态时原子的反冲速度、发射光子的波长，并给出与不考虑反冲时光子的波长的差别。

解： 跃迁时两能级的能量间隔 E_0=12.75 eV，这能量提供了光子能量 $E_{光子}$及原子反冲的动能 E_R，$E_0 = E_{光子} + E_R$。

由于原子核的质量 M 很大，可以用非相对论来处理反冲原子的动能

$$E_R=\frac{P_R^2}{2M}=\frac{P_{光子}^2}{2M}=\frac{E_{光子}^2}{2Mc^2},$$

忽略 E_0/Mc^2 的高次项，可得 $E_{光子}\approx E_0-\frac{E_0^2}{2Mc^2}$，式中的第二项很小，

可近似认为光子动量：12.75 *eV/c*，

由动量守恒原子的反冲动量 MV＝12.75 *eV/c*，V＝1.36×10^{-8} c＝4.1 *m/s*，

考虑核反冲后的光子能量，由能量守恒，

$$E_{光子}\approx E_0-\frac{E_0^2}{2Mc^2}=E_0(1-\frac{E_0}{2Mc^2})=E_0(1-7\times10^{-9})$$

λ ＝97.4 *nm*，$\Delta\lambda$＝6.6×10^{-7} *nm*。

1.17 氢原子由基态激发到 $n=4$ 的状态：

(1) 计算原子吸收的能量；

(2) 原子回到基态时可能发射光子的波长。它们属于哪个谱系？

解： (1) n＝4 的能级比基态能量高为 12.75 *eV*，所以需吸收 12.75 *eV*；

(2) 97.4*nm*，102.7 *nm*，121.8 *nm*，赖曼系；

487 *nm*，653 *nm*，巴耳末系；

1911 *nm*，。帕邢系

1.18 玻尔认为在量子数很大即电子轨道半径很大时，量子物理的规律应和经典物理的规律应该是一致的， 称作对应原理。试将这思想运用在氢原子的情形，并推出轨道角动量量子化的公式。

解：

在 n 值很大时，相邻轨道间的跃迁，即 $m=n-1$ 。由式

$$\nu=Rc(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2})=Rc(\frac{1}{(n-1)^2}-\frac{1}{n^2})=Rc\frac{1}{n^2}(\frac{1}{(1-1/n)^2}-1)$$

$n>>1$ 时 $\nu=\frac{2Rc}{n^3}$。

将这频率作为轨道运动的频率代入卢瑟福行星模型。由式（1.3.1）和（1.3.2），得总能量

$$E=-\frac{e^2}{2\times4\pi\varepsilon_0 r}=-\frac{1}{2(4\pi\varepsilon_0)^{2/3}}(e^4m_e\times(\frac{2\pi2Rc}{n^3})^2)^{1/3},$$

这能量和定态的能量 $E=-\frac{Rhc}{n^2}$ 应相等，则得里德伯常数

$$R=\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2h^3c}$$

m_e 是电子的质量。将这代入（1.3.2）得

$$r_n=\frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m_e e^2}n^2 \qquad n=1，2，3，....$$

$$\upsilon_n = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar}\times\frac{1}{n}, \qquad n=1，2，3，….$$

计算轨道角动量 l 得

$$l = m_e\upsilon_n r_n = n\hbar, \qquad 其中\ n=1，2，3，…..$$

这个量子化规则也常作为玻尔假设。

第二章习题解答

2.1 氦氖激光器发出波长为 632.8 nm 的红光，求激光束中光子的能量。

解：
$$E = \frac{1240}{632.8} = 1.96eV$$

2.2 钾的功函数为 2.2 eV，用波长 350.0 nm 的紫外光照射钾表面，计算光电子的最大动能值。

解：紫外光的能量：
$$E = \frac{1240}{350} = 3.54eV$$

最大动能：　3.54－2.2= 1.34 eV

2.3 （1）若一个 100 MeV 的光子被一个质子散射，计算在 90^0 方向散射光子的能量；(2) 求反冲质子的速度（质子的静止质量为 938.26 MeV）。

解：
$$\nu' = \frac{\nu}{1+\frac{h\nu}{m_pc^2}(1-\cos\theta)}$$

90° 方向，
$$E' = h\nu' = 90.4MeV$$

反冲质子的能量：　100－90.4=9.6 MeV

速度：
$$v = \sqrt{\frac{2E}{M}} = 0.14c$$

2.4 波长为 0.071 nm 的 X 射线光子被自由电子散射到 135^0 散射角，求散射光子的能量。

解：
$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_ec}(1-\cos\theta)$$

在 $\theta = 135^\circ$ 方向：
$$\Delta\lambda = 0.004nm$$

$$\lambda' = 0.071 + 0.004 = 0.075nm$$

$$E = \frac{1240eV \cdot nm}{0.075} = 16.5keV$$

2.5 计算下列粒子的德布罗意波长：

(1) 50 eV 的光子；
(2）动能为 50 eV 的电子；
(3) 动能为 50 eV 的中子（中子的静止能为 940 MeV）

解：（1）50eV 的光子： $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{1240}{50} = 24.8nm$

(2) 动能 50eV 的电子： $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e E_k}} = 0.174nm$

(3) 动能 50eV 的中子： $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_n E_k}} = 0.004nm$

2.6 气体分子在室温下的动能为 0.025 eV，请计算室温下氢分子的德布罗意波长，设氢分子的静止能为 1877 MeV。

解：

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_n E_k}} = 0.13nm$$

2.7 (1) 显微镜可以分辨的最小线间隔，原则上约等于照射光的波长。一般电子显微镜的电子束能量为 50 keV 计算这种电子显微镜的最高分辨本领。
(2) 计算动能为 12.4 GeV（1 GeV = 10^9 eV）电子的德布罗意波长。

解： (1)

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e E_k}} = 5.5\times10^{-3}nm$$

(2)

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - m^2c^4}} = 1\times10^{-7}nm$$

2.8 同时确定一个 15 eV 的电子的位置和动量，若位置的误差为 0.1 nm，试求动量的不确定量。
解：

$$\Delta x = 0.1nm$$

$$\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x} = 12.4 \text{ keV/c}$$

2.9 下列各粒子限制在线度 L 的一维盒中，请利用海森伯不确定关系式估计它们具有的最小动能：
(1) 电子限制在 $L = 1$ Å 的盒子中；
(2) 电子限制在 $L = 10$ fm（原子核尺寸）的盒子中，1 fm =10^{-15} m;
(3) 中子限制在 $L = 10$fm 的盒子中；
(4) 质量为 $m = 10^{-6}$g 的粒子限制在 $L = 10^{-6}$ m 的盒中。

解： $\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x}$， $\Delta p \approx p$， $E = \frac{p^2}{2m} \geq \frac{h^2}{2mL^2}$

(1) L=0.1nm, m=511KeV, E=150eV；

(2) L=10fm, m=511KeV, E=1.5×10^{10}=15 GeV；

(3) L=10fm, m=940MeV ，E=8.1 MeV；

(4) $L=10^{-6}m$， $m=10^{-6}g$，E＝2.2×10^{-46} J。

2.10 金属中的电子在近表面处所受到的势场可近似为阶跃势场，试估算铜中的自由电子的透入距离（设铜的功函数为 4 eV）。

解：透入距离： $$\frac{1}{\kappa_2}=\frac{\hbar}{\sqrt{2m(V_0-E)}}$$

代入数据： $$\frac{1}{\kappa_2}=\frac{197.3MeV\times fm}{\sqrt{2\times 0.511MeV\times 4eV}}=9.76\times 10^4\,fm$$

2.11 质量为 m 的粒子在一无限深势阱中运动，它的能量本征函数 $u(x)=\sin kx$，试计算它的非相对论动能。

解： $$E_k=-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2};\qquad E_k u(x)=-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}u(x)=\frac{\hbar^2k^2}{2m}u(x)$$

所以非相对论动能为 $E=\dfrac{\hbar^2k^2}{2m}$。

2.12 质量为 m 的粒子在一维势场 $V(x)=1/2\,m\omega^2x^2$ 中运动。

(1) 写出它的定态薛定谔方程；

(2) 已知它的哈密顿算符的本征函数为

$$u_0(x)=e^{-(\frac{m\omega}{2\hbar})x^2}$$

$$u_1(x)=2\sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}\,xe^{-(\frac{m\omega}{2\hbar})x^2}$$

试计算每个本征函数的能量本征值；

(3) 试由不确定关系，$\Delta x\Delta p\approx\hbar$，证明粒子的最低能量$\approx\hbar\omega$。

解：(1) $$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2u}{dx^2}+Vu=Eu\,;\qquad -\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}u(x)+\frac{1}{2}m\omega^2x^2u(x)=Eu(x)$$

(2) 将 $u_0(x)=e^{-(\frac{m\omega}{2\hbar})x^2}$ 代入上式，得

$$E_0=\frac{\hbar\omega}{2}$$

同样可以解得： $$E_1=\frac{3\hbar\omega}{2}$$

2.13 氢原子的 $2p_{3/2}$ 态的平均寿命是 1.6×10^{-9} s，试求这个状态能量的不确定量（能级的自然宽度）。

解：
$$\Delta E=\frac{\hbar}{\Delta t}=4.11\times10^{-7}eV$$

2.14 假如电子被束缚在一个宽度为 1 Å 的无限深势阱中，试计算它处在最低的三个能态的能量。

解：一维无限深势阱能级：$E_n=\dfrac{h^2}{8ma^2}n^2$

$n=1$　　E_1=38eV
n=2　　E_2=151eV
n=3　　E_3=340eV

2.15 分别以波长为 5000 Å 和 0.1 Å 的光照射到某金属上，求 $\theta=90^0$ 方向上的康普顿散射光的波长。

解：
$$\Delta\lambda=\lambda'-\lambda=\frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta)=0.0024nm$$

$\lambda=500nm$，　$\lambda'=500.0024nm$
$\lambda=0.01nm$　　$\lambda'=0.0124nm$

2.16 粒子相应的约化康普顿波长表示为 $\lambda_c=\dfrac{\hbar}{mc}$，$m$ 是粒子的静止质量。电子的经典半径 $r_e=\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2}$，其中 m_e 是电子的静止质量，e 是电子的电荷。

(1) 计算电子的约化康普顿波长及经典半径和氢原子的玻尔半径之比，即 $\dfrac{\lambda_c}{a_0},\dfrac{r_e}{a_0}$，并以 $\hbar$，c，e 表示；

(2) 已知精细结构常数 $\alpha=\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c}\approx\dfrac{1}{137}$，请给出 λ_c 和 r_e 的数值。

已知 $a_0=\dfrac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{me^2}\approx0.53$ Å；

(3) 计算π 介子的康普顿波长（π 介子的静止质量为 140 MeV/c^2）。

解： （1）
$$\frac{\lambda_c}{a_0}=\frac{\hbar}{mc}\times\frac{me^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}=\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c}=\alpha\ ;$$

$$r_e/a_0=\left(\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\hbar c}\right)^2=\alpha^2$$

（2） $\lambda_c = 0.0039$ Å，$r_e = 2.8\times10^{-6}$ nm = 2.8 fm;

（3） $$\lambda_\pi=\frac{\hbar}{m_\pi c}=1.4\times10^{-6}\ \text{nm}=1.4\ \text{fm}。$$

2.17 在大气层上部由于太阳光子的作用氧分子解离为两个氧原子。光子能引起氧解离的最长波长为 λ = 1.75×10^{-7}m。求氧分子的束缚能。

解：能引起解离需要的光子最低能量为 $hc/\lambda_{max}=7.08$eV，即氧分子的束缚能为 7.08eV。

2.18 人的裸眼能察觉黄光的极限是视网膜接受到的功率为 1.8×10^{-18} W。黄光的波长约 6000 Å 。求此情况下每秒落在视网膜上的光子数目。

解：$\lambda = 6000\times10^{-8}$cm, 光子的能量= hc/6000×10^{-8}=2.06 eV,

$1.8\times10^{-18}\,W/(1.6\times10^{-19}\,eV *2.06)$=5.4 个光子。

2.19 在室温（～25^{0}C）时处于热平衡下的中子称为热中子。中子的质量为 1.675×10^{-27} kg（939.5 MeV/c^2），中子不带电。求：

(1) 热中子的动能和其相应的德布罗意波长；

(2) 当平行热中子束射在晶格间距为 2.82 Å 的 NaCl 晶体，反射束发生第一个最大时的入射束角度。

解：E$_{动能}$（298K）＝(3/2)kT= 6.17×10^{-21} J=38.5 meV,

(1) $\lambda=\dfrac{h}{\sqrt{2mE}}=1.458\times10^{-10}\,m$=0.146 nm,

(2) 入射束和晶面法线的夹角 θ = 15.5°。

2.20 设一个电子在离质子很远处是静止的，在与质子的库仑作用下向质子靠近。求当电子距质子 1 m 和 0.5 Å 处时，它相应的德布罗意波长。

解： 非相对论情形 $\lambda=\dfrac{h}{\sqrt{2mE}}$，$R$=1 m 时电子的动能 $E=\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0(1\times10^9)}$ = 1.44×10^{-9} eV，

λ =3.232×10^{-5} m = 32.3 μm，

λ (R=0.5×10^{-10}m) = 0.23 nm 。

第三章 习题解答

3.1 试问基态氢原子是否能吸收可见光？

解： 基态氢原子跃迁到第一激发态需能量 10.2eV, 对应的光波长 121.8nm, 基态氢原子吸收