一、电磁感应

1. 感应电动势

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int \vec{B}\cdot d\vec{S}$$ （先积分，后求导）

动生电动势 $\varepsilon_i = \int_a^b (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$

感生电动势 $\varepsilon_i = \oint_l \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = -\oint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

两种电动势都存在时可分别求，也可一起求。

2. 自感电动势与自感系数

自感电动势 $\varepsilon_L = -\frac{d\Phi}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$

自感系数 $L = \frac{\Psi}{I}$

复习自感系数L的计算步骤（与电容类似）

细长直螺线管 $L=\mu n^2 V$ (H)

磁能 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ （也是一种求L的方式）

磁能密度

$$w_m = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu}$$

3. 互感电动势与互感系数

$$\varepsilon = -M\frac{dI}{dt}$$

$$M = \frac{\Psi_{21}}{I_1} = \frac{\Psi_{12}}{I_2}$$

可灵活运用，求互感电动势时一般总是先求M后求ε_M

互感系数M的求法 $M_{12}=M_{21}$ (H)

二、电磁场与电磁波

1.位移电流（与传导电流有何不同？）

$$I_d = \frac{d\bar{\Phi}_D}{dt} \quad (A) \qquad j_D = \frac{dD}{dt} \quad (A/M)$$

$$I_d = j_D \cdot S \qquad j_D = \frac{dD}{dt} = \varepsilon_0\varepsilon_r \frac{dE}{dt} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_r}{d}\frac{dU}{dt}$$

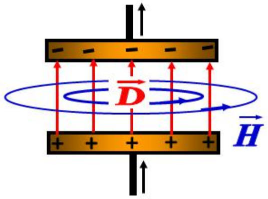
全电流是连续的

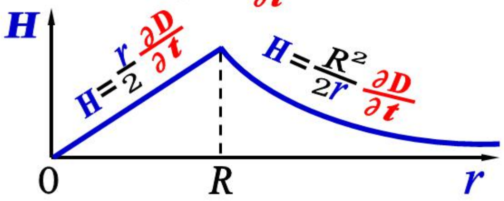
$$\oint_L \bar{H} \cdot d\bar{l} = I + I_d' \qquad I_d' = \pi r^2 \cdot j_D$$

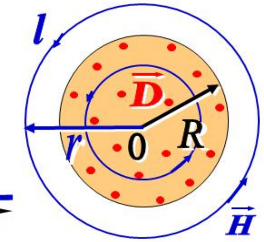
$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

则在r处产生的磁场$\vec{H}$大小为

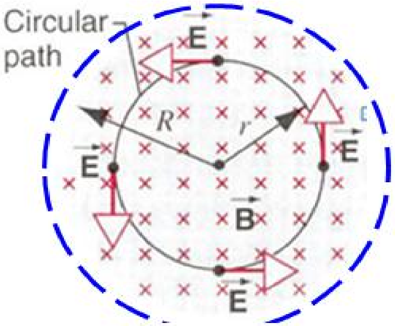
$$2\pi r H = \begin{cases} \pi R^2 \frac{\partial D}{\partial t} & (r \geq R) \\ \pi r^2 \frac{\partial D}{\partial t} & (r \leq R) \end{cases}$$







2.涡旋电场（与静电场有何不同？）



$(r \leq R)$, $E_{内} = -\frac{r}{2}\frac{dB}{dt} \, (r \leq R)$ 当 $(r \geq R)$ $E_{外} = -\frac{R^2}{2r}\frac{dB}{dt} \quad (r \geq R)$

3. Maxwell方程组

$$\text{电场}\begin{cases}\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=\sum q_0\\ \oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=-\int_S \dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}\end{cases}$$

$$\text{磁场}\begin{cases}\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=0\\ \oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\int_S (\vec{j}_c+\dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t})\cdot \mathrm{d}\vec{S}\end{cases}$$

4.电磁场的性质（有四条，详见教材，了解）

5.电磁波的能流密度——坡印廷矢量（了解）

$$\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}\ \left(\mathrm{J\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}}\right)\quad S=EH\quad \bar{S}=\frac{1}{2}E_0H_0$$

且有下列关系式

$$\text{波速}\quad u=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}\qquad c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}\qquad \frac{E}{H}=\frac{E_0}{H_0}=\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$

三、光的干涉

获得相干光的方法：

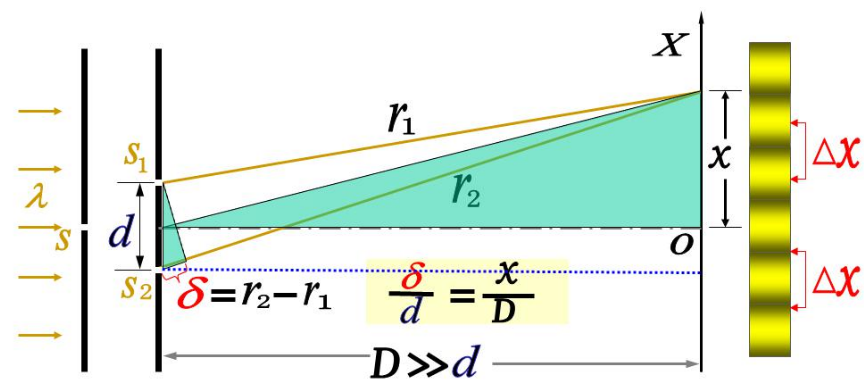
分波阵面法、分振幅法、分振动面法。

光程=nr

半波损失

1. 双缝干涉 掌握光程差的定义，光程差与位相差的关系，掌握各个公式中k的取值与级数的关系，条纹移动的计算等。记住各种光路图。

$$\delta = d\sin\theta = d\frac{x}{D} = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{明纹}\quad k=0,1,2\ldots \\ \text{分析比较}\begin{cases} \pm(2k-1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹}\quad k=1,2,3\ldots \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹}\quad k=0,1,2\ldots \end{cases} \end{cases}$$



$\delta = \pm k\lambda$ $(k=0,1,2\ldots)$ $\quad x = \pm k\dfrac{D}{d}\lambda$

$\delta = \pm(2k+1)\lambda/2$ $(k=0,1,2\ldots)$ $\quad x = \dfrac{\pm(2k+1)\lambda D}{2d}$

条纹间距

$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$$

条纹移动数N与光程差改变量的关系

$$\Delta\delta = N\cdot\lambda$$

2. 薄膜干涉 先确定薄膜，找到膜上、下表面的两反射光线，

再计算光程差研究干涉条纹分布

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} \text{或} \delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}$$

$\left(\frac{\lambda}{2}\text{为半波损失}\right)$

常见 $i = 0$时，$\delta = 2n_2 e + \frac{\lambda}{2}$或$\delta = 2n_2 e$，故有：

$$\delta = \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} \quad k = 1,2,3\ldots \quad \text{或} k = 0,1,2\ldots \quad \text{无半波损失时} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \quad k = 0,1,2\ldots \quad \text{或}(2k-1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{暗纹} \quad k = 1,2,3\ldots \end{cases}$$

掌握白光照射时那些波长的可见光能实现相强干涉！

增透膜、增反膜：$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{增反} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{增透} \end{cases}$

最小厚度 $e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2}$

3. 时间相干性、空间相干性，p31例16.5 （了解）

相干长度L_c与单色光波长λ、线宽Δλ的关系为：$L_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$ (16.16)

会分析空气劈尖、介质劈尖、牛顿环等的等厚干涉，掌握其条纹形状、数目和计算膜厚度等，明确有无半波损失的条件！

劈尖：条纹间距 $l=\dfrac{\lambda}{2n\sin\theta}$ 变化一个条纹的膜

厚度变化为 $\Delta e=\dfrac{\lambda}{2n}$

倾角改变时条纹疏密程度如何改变？条纹如何移动？

λ

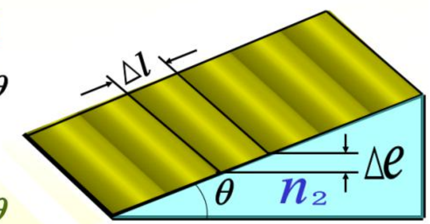
两相邻条纹间劈尖的厚度差 $\Delta e=\dfrac{\lambda}{2n_2}$

相邻条纹间距

$\Delta l=\Delta e/\sin\theta$

θ 很小，

$\sin\theta\approx tg\theta\approx\theta$



同一厚度 e 对应同一级条纹——等厚条纹

牛顿环：

注意其中几何关系 $e=\dfrac{r^2}{2R}$

应理解具体含义！

$$r=\begin{cases}\sqrt{(k-\frac{1}{2})R\lambda}, & k=1,2,3\ldots\ \text{明环半径}\\ \sqrt{kR\lambda}, & k=0,1,2\ldots\ \text{暗环半径}\end{cases}$$

迈克尔逊干涉仪： $2d=\Delta N\cdot\lambda$ 或 $2(n-1)\,d=\Delta N\cdot\lambda$

求条纹总数

四、光的衍射

1. 单缝衍射

关键理解半波带法，其公式形式与干涉相反！

$$a\sin\theta=\begin{cases}0 & \text{所有光线都加强}\Rightarrow\text{中央明纹}\\ \pm 2k\dfrac{\lambda}{2}=\pm k\lambda & k=1,2,3\ldots\text{暗纹中心}\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & k=1,2,3\ldots\text{明纹中心}\end{cases}$$

（掌握用半波带分析的基本方法）

$-\lambda<a\sin\theta<\lambda$ 区域均为中央明纹，是一般条纹宽的两倍，

屏上条纹位置由衍射角 θ 确定

中央明纹线宽度 $\boxed{\Delta x_0=\dfrac{2f\lambda}{a}}$

$x=f\cdot\mathrm{tg}\,\theta\approx f\cdot\dfrac{k\lambda}{a}$ $\theta<5^\circ$ 因为当 θ 很小时，有 $\sin\theta\approx\mathrm{tg}\,\theta$

2. 光栅衍射

(光栅方程)：$d\sin\theta = \pm k\lambda \qquad k = 0,1,2,\ldots$主极大

$$\left.\begin{aligned} d\sin\theta &= k\lambda \\ a\sin\theta &= k'\lambda \end{aligned}\right\} \frac{d}{a} = \frac{k}{k'} \Rightarrow$$ 质数比，缺级 $\pm k, \pm 2k, \ldots$ 等主极大

斜入射时，两组方程同时改变：

$$\left.\begin{aligned} d(\sin i \pm \sin\theta) &= k\lambda \\ a(\sin i \pm \sin\theta) &= k'\lambda \end{aligned}\right\} \frac{d}{a} = \frac{k}{k'} \Rightarrow$$ 质数比，缺 $\pm k, \pm 2k, \ldots$ 等主极大

i、θ在光栅法线同侧取“+”号

最大的改变是条纹不再对称分布，有k_{max}与k_{min}的不同！

3. 圆孔衍射、光学仪器的分辨本领：

透镜类光学仪器的最小分辨角与分辨本领：

$$\theta_{min} = 1.22\frac{\lambda}{D} \qquad R = \frac{1}{\theta_{min}} = \frac{D}{1.22\lambda}$$

会应用该公式计算有关恰能分辨时的一些长度量

光栅的分辨本领 $\boxed{R \equiv \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN}$

会应用该公式及光栅方程、缺级等条件设计光栅

4. X射线在晶体上的衍射：

布喇格方程：

$$2d\sin\theta = k\lambda \quad k = 1,2,\ldots$$

其中 θ 为掠射角

五、光的偏振：

1、光的五种偏振状态及产生偏振光的方法

2、马吕斯定律(对线偏振光适用) $I_{出} = I_{入}\cos^2\alpha$

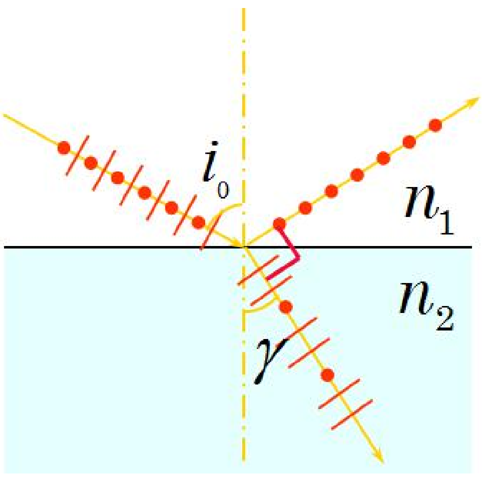
对自然光 $I_{出} = \dfrac{I_{入}}{2}$

3、布儒斯特定律 $\tan i_0 = \dfrac{n_2}{n_1}$

如反射中，反射与折射光线的振动方向等

$i_0 + r = 90^\circ$

$tg\, i_0 = \dfrac{n_2}{n_1}$（光线由$n_1$入射到$n_2$）



4、掌握**双折射现象**中的一些重要概念，如双折射中的主折射率、波片等

什么是o光与e光？它们与光轴关系如何？ 什么是1/2波片和1/4波片？它们的作用如何？

$\frac{1}{2}$波片： $\delta = |(n_o - n_e)d| = \frac{\lambda}{2}$

$\frac{1}{4}$波片： $\delta = |(n_o - n_e)d| = \frac{\lambda}{4}$

位相差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$

偏振光干涉分二种情形： 正交放置的两偏振片.........有附加 π； 平行放置的两偏振片.........无附加 π

六、几何光学

1. 折射定律（含全反射） $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

2. 球面镜反射成像、薄透镜折射成像公式

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f}$$

3. 放大率

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{S'}{S}$$

4. 单球面折射成像公式：

$$\frac{n_1}{S} + \frac{n_2}{S'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

5. 磨镜者公式

$$\frac{1}{f} = (n-1)(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$$

符号法则（教材126页）

七、电磁辐射的量子性

1.黑体辐射 $\boxed{M = \sigma T^4, \quad T\lambda_m = b}$ + 功率守恒

2.光电效应

$$h\nu = \frac{1}{2}mv_m^2 + A = eU_a + h\nu_0$$

(遏止电压 $eU_a = \frac{1}{2}mv_m^2$

ν_0 红限, $A = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$)

3.康普顿散射

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos\varphi)$$

+ 动量守恒和能量守恒(完全弹性碰撞)

八、量子力学简介

1. 德布罗意波波粒二象性：区分对比光子和电子的不同之处

实物粒子
$$
\begin{cases}
E = mc^2 = h\nu \quad \left(m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\right) \\
p = mv = \dfrac{h}{\lambda} \quad (v \neq \lambda\nu) \\
E_k = mc^2 - m_0c^2 \approx \dfrac{1}{2}m_0v^2 = \dfrac{p^2}{2m_0}
\end{cases}
$$

注意电子的动量、动能与总能量的计算方法等（如反冲电子的能量？）

$$E^2 = p^2c^2 + (m_0c^2)^2$$

光子
$$
\begin{cases}
\varepsilon = h\nu = E_k \\
p = \dfrac{h}{\lambda} \\
m = \dfrac{h\nu}{c^2}
\end{cases}
$$

何时需要考虑相对论效应？

能量、动能、总能量区分！

当v<<0.1c可不计相对论效应

2. 不确定关系

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

对物质波（包括光波）

$$p = \frac{h}{\lambda} \qquad \Delta p = \frac{h}{\lambda^2} \cdot \Delta\lambda$$

3. 波函数的三个标准条件，（了解）

掌握归一化波函数（对于一维无限深势阱）、概率密度、最概然位置等的求解

4. 势垒贯穿(隧道效应)，（了解）

九、氢原子及原子结构初步

1. 玻尔氢原子理论

计算波长尽量用

$$\frac{1}{\lambda}=R_H\left(\frac{1}{k^2}-\frac{1}{n^2}\right)$$

$$(k=1,2,3\ldots,\quad n=k+1,k+2,k+3,\ldots)$$

k=1-------拉曼系

k决定线系，k=2-------巴尔末系

$$E_n=-\frac{13.6}{n^2}\mathrm{eV},\qquad n=1,2,3,\ldots$$

$$r_n=n^2r_1=n^2a_0,\quad n=1,2,3,\ldots$$

跃迁 $$h\nu=\frac{hc}{\lambda}=(E_n-E_k)$$

能量公式及跃迁方程。
什么是**电离能**？有**几个光谱系**？**极限波长**如何确定？**每个线系的最短波长与最长波长**如何确定？
熟练掌握跃迁图！能求先到达某个最高能级n_{max}，再向下跃迁等问题。

2. 波函数的统计意义：

波函数的三条件：单值、连续、有限。归一化→定常数A
在已知波函数的情况下，会计算空间某处的概率密度、径向概率密度或概率密度最大值处，或某范围内出现的概率等。

掌握量子力学下氢原子的四个量子数的物理意义、相互关系及确定方法以及与角动量L，L_Z 的关系，某一能级可容纳的最多电子数为$2n^2$个

概率密度 $|\varphi(x)|^2 = \varphi(x)\cdot\varphi(x)^*$

在dx范围内粒子出现的概率为 $|\varphi(x)|^2\cdot\mathrm{d}x$

对一维定态波函数φ的归一化条件：

$$\int|\varphi(x)|^2\cdot dx = 1$$

3. 四个量子数的物理意义

(1) 主量子数 n

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2}\,\mathrm{eV}, \qquad n = 1,2,3,\ldots$$

确定能量

(2) 角量子数 l

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$$

对于某一确定的能级 n，l 可以取 0,1,2,...n-1共 n 个量子数

确定角动量

l	0	1	2	3	4	5
code	s	p	d	f	g	h

(3) 磁量子数 m_l $\boxed{L_Z = m_l\hbar}$

对于某一确定的 l 值，m_l 可以取 $0, \pm1, \pm2, ...\pm l$，共 $2l+1$ 个数值

(4)自旋磁量子数 m_s

自旋角动量 $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar = \sqrt{\frac{3}{4}}\hbar$

自旋角动量的磁场分量 $S_Z = m_s\hbar = \pm\frac{1}{2}\hbar$

$$s = \frac{1}{2}$$

掌握量子力学下氢原子的四个量子数

$(n、l、m_l、m_S)$

的物理意义、相互关系、确定方法及与角动量 L, L_Z 的关系，某一能级可容纳的最多电子数为 $2n^2$ 个

$$\psi_{nlm_l} \sim \psi_{211}$$

十、激光和固体的能带结构

1. 掌握激光产生的条件及基本特性！

1). 激光的产生条件:

(1) 粒子数反转　　(2) 光放大（光学谐振腔）

2). 激光的基本特性:

(1) 方向性好　　(2) 亮度高

(3) 单色性好　　(4) 相干性好

2. 固体的能带结构

$$h\nu \geq E_g$$

导体、半导体、绝缘体的能带特征。重点把握掺杂半导体的能带特征，p型、n型、p-n结伏安特性曲线。掌握禁带宽度与外加光子能量之间的关系。

康普顿效应证实了光的粒子性

戴维斯——革末实验证实了电子的波动性

施特恩——盖拉赫实验证实了电子的自旋

弗兰克——赫兹实验证实能量量子化

实物粒子波粒二象性由电子衍射实验得到验证

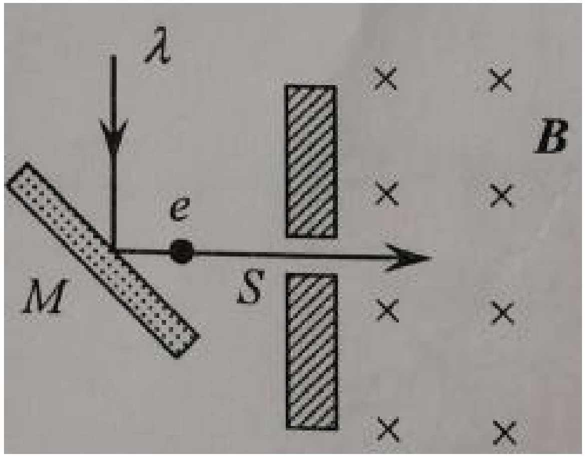
物质波为概率波的统计解释由玻恩提出

3 波长为λ的单色光照射某金属 M 表面发生光电效应，发射的光电子（电荷绝对值为 e，质量为 m）经狭缝 S 后垂直进入磁感应强度为 $\boldsymbol{B}$ 的均匀磁场（如图示），今已测出电子在该磁场中作圆运动的最大半径为 R。求：（1）金属材料的逸出功 A；（2）遏止电势差 U_a。

6.（1）$evB = m\dfrac{v^2}{R}$ $\qquad v = \dfrac{eRB}{m}$

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A \qquad A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}m\left(\frac{eRB}{m}\right)^2 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{e^2R^2B^2}{2m}$$

（2）$e|U_a| = \dfrac{1}{2}mv^2$ $\qquad |U_a| = \dfrac{mv^2}{2e} = \dfrac{eR^2B^2}{2m}$



3 已知氢原子的某定态波函数为 $\psi_{nlm_l} = \psi_{210} = \dfrac{r\cos\theta}{4a_0^2\sqrt{2\pi a_0}}e^{-\frac{r}{2a_0}}$，则该氢原子的定态能量为 $E=$__________ eV；相应的轨道角动量为 $L=$__________。

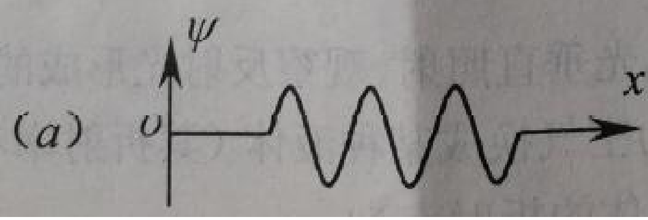
$n=2 \qquad E = \dfrac{E_1}{n^2} = -\dfrac{13.6}{4} = -3.4(\mathrm{eV})$

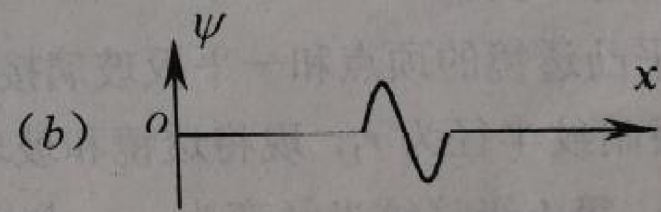
$l=1 \qquad L = \sqrt{l(l+1)}\hbar = \sqrt{2}\hbar$

求与此状态为同一个主量子数n的状态数。 （$2n^2=8$）

此状态中何处电子的径向概率密度最大

粒子（a）、（b）的波函数分别如图所示，若用位置和动量描述它们的运动状态，则粒子位置不确定量较大者为粒子________，粒子动量不确定量较大者为粒子________。





a；b

5．假定在康普顿散射实验中，入射光的波长 $\lambda_0=0.0030\text{nm}$，反冲电子的速度 $v=0.6c$（c 是光速，电子质量 $m_0=9.11\times10^{-31}\text{kg}$，$h=6.63\times10^{-34}\text{J·s}$）。求：

（1）反冲电子的质量和动量；

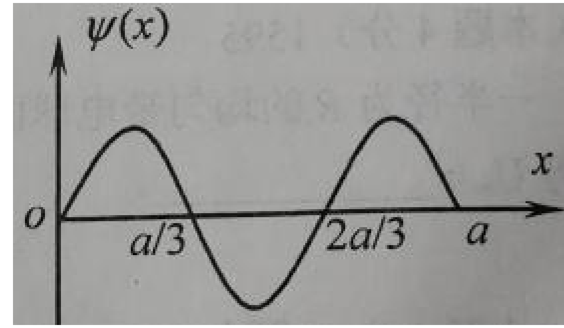
（2）散射光的波长。

5．解：（1）$m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}=\dfrac{m_0}{0.8}=1.14\times10^{-30}(\text{kg})$ $\qquad p=mv=2.05\times10^{-22}(\text{kg}\cdot\text{m/s})$

（2）$h\nu_0+m_0c^2=h\nu+mc^2$ $\qquad h\nu=\dfrac{hc}{\lambda}=\dfrac{hc}{\lambda_0}+m_0c^2-\dfrac{m_0c^2}{0.8}$

$$\lambda=\frac{\lambda_0}{1-\dfrac{0.25\lambda_0 m_0 c}{h}}=0.00434(\text{nm})$$

粒子在一维无限深方势阱中运动。下图为粒子处于某一能态上的波函数 $\psi(x)$ 的曲线，粒子出现概率最大的位置为________________。



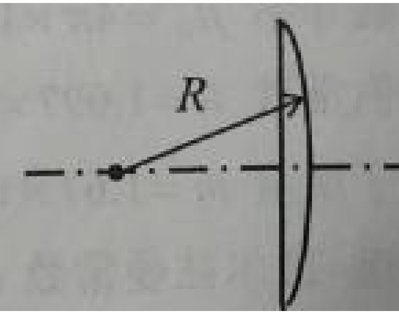
9. $\frac{a}{6}$、$\frac{a}{2}$、$\frac{5a}{6}$

对于氢原子中 3d 态的电子，其轨道角动量 $L=$____________，在 z 轴方向的可能分量有 $L_z=$________________，轨道角动量与 z 轴方向的最小夹角为____________。

12. $l=2$ $\quad L=\sqrt{2(2+1)}\hbar=\sqrt{6}\hbar$ $\quad L_z=0,\ \pm\hbar,\ \pm2\hbar$ $\quad \theta_{\min}=\cos^{-1}\frac{2}{\sqrt{6}}=35.3°$

8.（本题 4 分）t003

一平凸透镜置于空气中，透镜玻璃的折射率为 n，球面的曲率半径为 R，则该透镜的焦距为 $f=$____________。



8. $f=[(n-1)(\frac{1}{\infty}-\frac{1}{-R})]^{-1}$ $\quad f=\frac{R}{n-1}$

玻尔氢原子理论中，电子轨道角动量最小值为____________；而量子力学理论中，电子轨道角动量最小值为____________。实验证明____________理论的结果是正确的。

h/2π，0

请按照各章知识点，参考平时作业和历年考试复习总结！

感谢同学们一个学期来的积极配合，预祝同学们在期末考试中取得好成绩！