大学物理（乙）下

量子光学

黑体辐射

单色辐出度与辐射出射度

$$M_\lambda(T)=\frac{dE_\lambda}{d\lambda}$$
$$M(T)=\int_0^\infty M_\lambda(T)d\lambda$$

单色吸收系数与单色反射系数

$$\alpha(\lambda,T)+\gamma(\lambda,T)=1$$

斯特藩-玻尔兹曼定律

$$M(T)=\sigma T^4,\quad \sigma=5.67\times10^{-8}W/(m^2\cdot K^4)$$

维恩位移定律

$$T\lambda_{max}=b,\quad b=2.898\times10^{-3}m\cdot K$$

波尔氢原子理论

角动量：$L=n\bar{h}=n\frac{h}{2\pi}$

基态轨道：$a_0=5.29\times10^{-11}m$

轨道半径：$r_n=n^2a_0$

跃迁假设：$h\nu=E_n-E_k$

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

巴尔末谱线系：$\tilde{\nu}=R_H(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$，其中$R_H=1.097\times10^7m^{-1}$

巴尔末谱线是氢原子由高能级到第二能级跃迁的产物

莱曼系（紫外）是到第一能级（基态）

帕邢系（红外）是到第三能级

布拉开系（远红外）是到第四能级

量子力学与薛定谔方程

$$一般形式：-\frac{\bar{h}}{2m}\nabla^2\Psi+U\Psi=i\bar{h}\frac{\partial\Psi}{\partial t}$$
$$定态形式：\nabla^2\psi+\frac{2m}{\bar{h}^2}(E-U)\psi=0$$
$$其中，薛定谔方程的解为：\Psi=\psi e^{-\frac{i}{\bar{h}}Et}$$

量子力学原子理论

对于氢原子能级n共有$2n^2$种不同的状态

$$\begin{aligned}
&\text{主量子数：}E_n=-\frac{13.6}{n^2}eV \quad n=1,2,\dots \\
&\text{角量子数：}L=\sqrt{l(l+1)}\bar{h} \quad l=0,1,2,\dots,(n-1) \\
&\text{磁量子数：}L_z=m_l\bar{h} \quad m_l=0,\pm1,\pm2,\dots,\pm l \\
&\text{自旋磁量子数：}S_z=m_s\bar{h} \quad m_s=\pm\frac{1}{2}
\end{aligned}$$

光学

杨氏双缝实验

$$\begin{aligned}
&\text{明纹：} \quad \delta=d\sin\theta=\pm k\lambda, \quad k=0,1,2,\dots \\
&\text{暗纹：} \quad \delta=d\sin\theta=\pm\frac{(2k-1)}{2}\lambda, \quad k=1,2,\dots \\
&\text{明纹中心：} \quad x_k=\pm k\frac{D}{d}\lambda \quad k=0,1,2,\dots \\
&\text{暗纹中心：} \quad x_k=\pm\frac{(2k-1)}{2}\frac{D}{d}\lambda \quad k=1,2,\dots \\
&\text{两条明纹（暗纹）间距：}\Delta x=\frac{D}{d}\lambda
\end{aligned}$$

匀厚薄膜干涉(等倾干涉)

$$\begin{aligned}
&\text{光程差：}\delta=2n_2e\cos\gamma+\frac{\lambda}{2}=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\frac{\lambda}{2} \\
&\text{明纹：} \quad \delta=\pm k\lambda, \quad k=1,2,\dots \\
&\text{暗纹：} \quad \delta=\pm\frac{(2k+1)}{2}\lambda, \quad k=0,1,2,\dots
\end{aligned}$$

劈尖干涉（等厚干涉）

$$\begin{aligned}
&\text{光程差：}\delta=2n_2e+\frac{\lambda}{2} \\
&\text{劈尖厚度差：}\Delta e=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n_2} \\
&\text{条纹间距：}l=\frac{\Delta e}{\sin\theta}=\frac{\lambda}{2n_2\sin\theta} \\
&\text{明纹：} \quad \delta=\pm k\lambda, \quad k=1,2,\dots \\
&\text{暗纹：} \quad \delta=\pm\frac{(2k+1)}{2}\lambda, \quad k=0,1,2,\dots
\end{aligned}$$

牛顿环

$$\begin{aligned}
&\text{光程差：}\delta=2e+\frac{\lambda}{2} \\
&k\text{级明环半径：}r_k=\sqrt{(k-\frac{1}{2})R\lambda} \quad k=1,2,\dots \\
&k\text{级暗环半径：}r_k=\sqrt{kR\lambda} \quad k=0,1,2\dots
\end{aligned}$$

透射光干涉与反射光干涉产生的明环暗环正好是互补的

单缝衍射

$$
\begin{aligned}
&\text{明纹：}\quad \delta = a\sin\theta = \pm\frac{(2k+1)}{2}\lambda, \quad k=1,2,\ldots \\
&\text{暗纹：}\quad \delta = a\sin\theta = \pm k\lambda, \quad k=1,2,\ldots \\
&\text{中央明纹区}: -\lambda < a\sin\theta < \lambda \\
&\text{明纹宽度}: \frac{\lambda}{a}f \quad \text{（中央明纹为}2\text{倍）}
\end{aligned}
$$

圆孔衍射与分辨本领

$$
\begin{aligned}
&\text{爱里斑半角：}\sin\theta_1 \approx \theta_1 = 1.22\frac{\lambda}{D} \\
&\text{爱里斑半径：}R = f\cdot\theta_1 = 1.22\frac{\lambda f}{D}
\end{aligned}
$$

其中D为圆孔直径

分辨本领:

$$
R = \frac{D}{1.22\lambda}
$$

衍射光栅

$$
\begin{aligned}
&\text{光栅方程：}(a+b)\sin\theta = \pm k\lambda \quad k=0,1,2,\ldots \\
&\text{暗纹方程：}(a+b)\sin\theta = \pm\frac{k^{'}}{N}\lambda \quad k^{'}=1,2,\ldots(k^{'}!=Nk) \\
&\text{条纹张角：}\Delta\theta = \frac{2\lambda}{N(a+b)\cos\theta} \\
&\text{缺级方程：}k = \frac{a+b}{a}k^{'} \\
&\text{分辨本领：}R = \frac{\lambda}{d\lambda} = kN
\end{aligned}
$$

N为光栅总缝数

光的偏振

光的五种偏振状态：自然光、线偏振光、部分偏振光、椭圆偏振光、圆偏振光

马吕斯定律

$$
I = I_0\cos^2\alpha
$$

起偏角

$$
\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}
$$

射入四分之一波片，且偏振方向与光轴夹角为45度，则获得圆偏振光。

射入二分之一波片，且偏振方向与光轴夹角为45度，则偏振光的振动面旋转90c度。

$$
\begin{aligned}
&\text{四分之一波片：}d = \frac{\lambda}{4|n_o-n_e|} \\
&\text{二分之一波片：}d = \frac{\lambda}{2|n_o-n_e|}
\end{aligned}
$$

o光和e光均是线偏振光

不确定性关系

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}$$
$$\Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

电场

高斯定理

$$\oint EdS = \frac{\sum q}{\epsilon_0}$$

球壳电场（r>=R）（r<R 无电场）

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qr}{R^3}$$

轴对称分布电场

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

无限大平面

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

两块平行极板（极板间）（极板外无电场）、导体表面附近场强

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

电势

均匀带电球壳与均匀带电圆环轴线上的电势

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

电容器

孤立球体

$$C = \frac{q}{V} = 4\pi\epsilon_0 R$$

平行板电容器

$$C = \frac{q}{V_A - V_B} = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

同心球形电容器

$$V_A - V_B = \int_A^B E \cdot dl = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{R_B - R_A}{R_A R_B}$$
$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_A R_B}{R_B - R_A}$$

同轴柱形电容器

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln\frac{R_A}{R_B}}$$

串联耐压增加、电容变小；并联耐压为若干电容中最小的、电容加和。

极化

电极化强度

$$P = \frac{\Sigma p_{分子}}{\Delta V} = \frac{\sigma^{'}}{\cos\theta}（束缚电荷面密度）= \chi_e \epsilon_0 E$$

束缚电荷体密度

$$\oint P \cdot dS = -\sum_{(S内)} q^{'}$$

电位移与高斯定理

$$D = \epsilon_0 E + P$$

$$\oint_S D \cdot dS = \sum_{(S内)} q_0$$

$$E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

其中相对介电系数与极化率的关系

$$\epsilon_r = 1 + \chi_e$$

放入电解质后电容器的性质变化

$$E = \frac{E_0}{\epsilon_r}$$
$$C = \epsilon_r C_0$$

能量

导体与电容器的能量

$$U_e = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}qV$$

电场能量体密度

$$u_e = \frac{U_e}{Sd} = \frac{1}{2}\epsilon_r \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}DE$$

电流与磁场

平行载流导线

$$F_m = k\frac{I_1 I_2}{b} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}$$

b为导线间距

运动电荷的磁场与电场

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q(v \times \hat{r})}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{qv\sin\theta}{r^2}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

要求：c>>v

毕奥-萨伐尔定律

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\sin\theta}{r^2}$$

其中，r的方向为源点（电流元）到场点

载流直导线的磁场

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

环形电流

$$B = \frac{\mu_0 I\theta}{4\pi r}$$

无限长直导线

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

载流圆线圈轴线磁场

$$B = \frac{\mu_0}{2}\frac{IR^2}{(R^2 + r^2)^{3/2}}$$

其中，圆心处有：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

高斯定理

$$\oint_S B \cdot dS = 0$$

安培环路定理

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 \sum_{(L内)} I$$

无限长圆柱导线

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (r > R)$$
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}r \quad (r < R)$$

载流长直螺线管内部

$$B=\mu_0 nI$$

n为单位长度的线圈匝数

环形密绕螺线管内部（外部为0）

$$B=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

其中N为匝数

无限大均匀载流导体薄板

$$B=\frac{\mu_0}{2}j$$

磁矩与磁力矩

$$p_m=ISn$$
$$M=p_m\times B$$

其中n为线圈平面法向量。

磁介质与磁化

$$M=\frac{\sum p_m}{\Delta V}=j_m(\text{束缚电流密度})$$
$$\oint_L M\cdot dl=I_m(\text{束缚电流})$$

M为磁化强度

磁介质中的安培环路定理

$$H=\frac{B}{\mu_0}-M$$
$$\oint_L H\cdot dl=\sum_{(L\text{内})} I$$

H为磁场强度

磁化强度与磁场强度间有关系式：

$$M=\chi_m H$$

其中χ_m为磁化率，无量纲

$$B=\mu_0\mu_r H$$

环形电流

$$I=\frac{e}{T}=\frac{ev}{2\pi r}$$

电磁感应

动生电动势

$$\mathbb{E}_{动} = \int_b^a (v \times B) \cdot dl$$

实际上是把洛伦兹力看做是一个非静电力，等效为一个场强。

感生电动势

$$\mathbb{E}_{感} = \oint_L E_{旋} \cdot dl = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

这是涡旋电场与感生电动势之间的关系

涡旋电场的场强

r < R

$$E_{旋} = -\frac{1}{2} r \frac{dB}{dt}$$

r > R

$$E_{旋} = -\frac{1}{2} \frac{R^2}{r} \frac{dB}{dt}$$

自感现象

$$\Psi = LI = N\Phi_B$$
$$\mathbb{E}_L = -L\frac{dI}{dt}$$
$$L = \mu_0 n^2 lS = \mu_0 n^2 V$$

n为单位长度螺线管匝数

磁场能量

磁场能量

$$U_m = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0\mu_r}V$$

磁场能量密度

$$u_m = \frac{1}{2}\mu_0\mu_r H^2 = \frac{1}{2}HB$$

麦克斯韦方程

位移电流

$$I_D = \frac{dq}{dt} = \frac{d\Phi_D}{dt}$$
$$j_D = \frac{dD}{dt}$$

安培环路定理

$$\oint_L H \cdot dl = I + \frac{d\Phi_D}{dt}$$

带电粒子在磁场中的运动

电子感应加速器

$$B_R = \frac{1}{2}\bar{B}$$

其中B_R是电子轨道磁感应强度

霍尔效应

$$V_H = R_H \frac{IB}{d}$$
$$R_H = \frac{1}{nq}$$

电磁波

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$
$$\bar{S} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c E_0^2 = \frac{1}{2}\mu_0 c H_0^2$$