期末复习

第9章 静电场

要求：熟练掌握电场和电场强度，电场线，电通量，熟练掌握高斯定理，电势能，熟练掌握电势，掌握场强与电势的关系。

1、库仑定律 $$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$$

$$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\,\mathrm{C}^2/(\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}^2)$$

2、♣ 高斯定理 $$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{inside,i} q_i$$

♣ 环路定理 $$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = 0$$

3、两个基本物理量: 电场强度$\vec{E}$和电势V

♣ 积分关系 $$V_P = \int_P^{P_0} \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

♣ 微分关系 $$\vec{E} = -\nabla V,\ E_l = -\frac{\partial V}{\partial l}$$

电场计算方法:

1、叠加法

$$\vec{E}=\int \mathrm{d}\vec{E}=\int \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r},\qquad r\text{为}\mathrm{d}q\text{到}p\text{点的距离}$$

★具体的解题步骤:

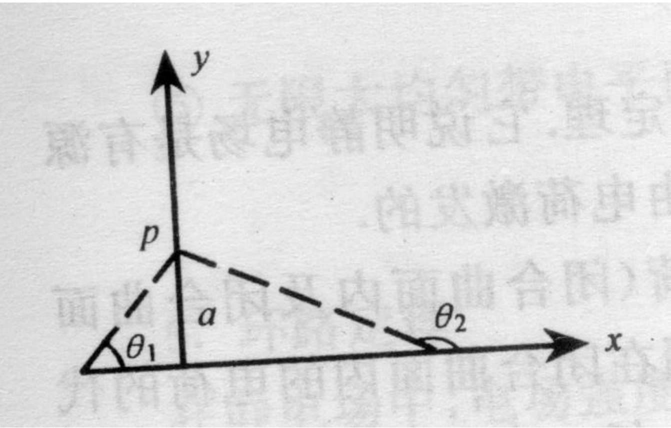
①、画出示意图，选取适当的电荷元;$\mathrm{d}q \Rightarrow \mathrm{d}\vec{E}$

②、建立坐标系，将电荷元的电场强度分解;

③、确定积分的上下限，积分后合成。

★几个常见的例子

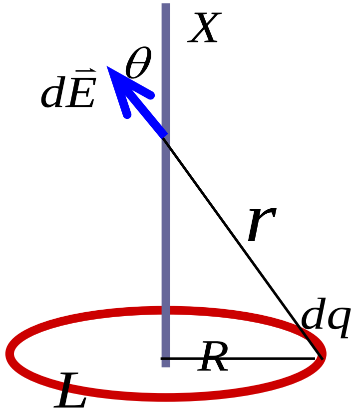
1、点电荷产生的场 $\vec{E}=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{r^2}\hat{r}$



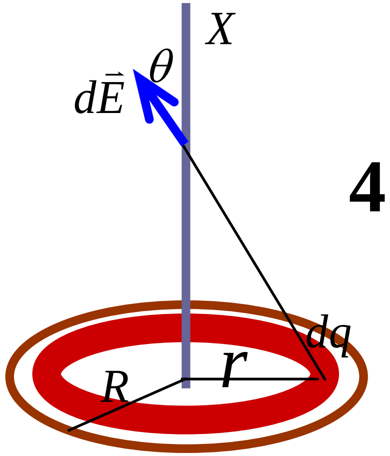
2、电荷均匀分布在几何线

$$E_x=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 a}(\sin\theta_2-\sin\theta_1),\ E_y=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0 a}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$

3、均匀带电圆环轴线上一点的场强



$$E_x=\frac{qx}{4\pi\varepsilon_0(R^2+x^2)^{3/2}}$$



4、均匀带电圆盘轴线上一点的场强

$$E_x=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}[1-\frac{x}{(R^2+x^2)^{1/2}}]$$

2、利用高斯定理:

对称性带电体和高斯定理:

a>.电通量 $\phi_e = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$ 的定义和计算;

高斯定理 $\phi_e = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum Q_{内}}{\varepsilon_0}$ 其基本方法通过求通量与电荷分布关系,求出

S 上的E.(分清 q 分布 ϕ_e 与 S 面上 $\vec{E}$ 的关系)

b>.用高斯定理解题步骤:

分析电荷分布对称性—>过所求点做封闭高斯面 $S \rightarrow \phi_e \longrightarrow$ 求出S 包围的

$\sum Q_{内} \rightarrow E$

高斯定理的应用方法：

记住三种基本情形：

a>.球对称性带电体（均匀带电球体，球面）

作同球心的高斯球面：$\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = 4\pi r^2 \cdot E = \dfrac{\sum Q_{内}}{\varepsilon_0}$

b>.轴对称性带电体（“无限定”均匀带电直导线，圆柱体，圆柱面），

作同轴小封闭圆柱面：$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = 2\pi r l E = \dfrac{\sum Q_{内}}{\varepsilon_0}$

c>.面对称性带电体（“无限大”均匀带电平面，平板）

作垂直平面小封闭圆柱面：$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = 2\Delta S \cdot E = \dfrac{\sum Q_{内}}{\varepsilon_0}$

注意：用高斯定理理解上述三种情形电通量是确定的，只需求各自的$\sum Q_{内}$即可。

★几个常见的例子

1、均匀带电球面

$$\vec{E}=0,\quad r<R$$

$$\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r},\quad r>R$$

2、均匀带电球体

$$\vec{E}=\frac{\rho r}{3\varepsilon_0}\hat{r},\quad r\le R$$

$$\vec{E}=\frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}\hat{r},\quad r>R$$

3、无限长均匀带电直线

$$\vec{E}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{r}$$

4、均匀带电圆柱面

$$\vec{E}=0,\quad r<R$$

$$\vec{E}=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\hat{r},\quad r>R$$

5、无限大均匀带电平面

$$\vec{E}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\vec{n}$$

3、利用电场强度和电势的微分关系：

$$\vec{E} = -\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}n}\vec{n} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k}\right)$$

电势计算方法:

①.对于电荷分布高度对称的带电体（电场强度易知），用电势的定义式计算

$$V_p = \int_p^{P_0} \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

②.对于电荷分布部分对称或一般的带电体（电场强度不易知），用电势的叠加式计算

$$V_p = \int \frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$,重点关注其中 r 的物理含义

★几个常见的例子

1、点电荷场中的电势分布 $V=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

2、求均匀带电球面的电场中的电势分布

$$V=\int_r^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\mathrm{d}r=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}\qquad r\ge R$$

$$V=\int_r^{R}E\mathrm{d}r+\int_R^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}\mathrm{d}r=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}\qquad r\le R$$

3、均匀带电圆环轴线上任一点P的电势

$$V=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0(z^2+R^2)^{1/2}}$$

4、均匀带电圆盘上任意点 P 的电势

$$V=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{R^2+x^2}-x)$$

第10章 静电场中的导体和电介质

要求：静电场中的导体，熟练掌握电容的概念，了解电介质及其极化，掌握电介质中的高斯定理，静电场的能量。

一、导体的静电平衡：

特点：.

1. $\vec{E}_{内} = 0$

2.导体是等势体，表面是等势面

3. $\vec{E}_{表} \perp$表面

二、静电平衡的电荷分布：

1. $\sum q_{内} = 0$

2. $E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$

3.电荷分布与表面曲率有关-----尖端放电现象

三、静电屏蔽：

接地的空腔导体是一个很好的静电屏蔽装置。

电容

一、孤立导体的电容： $C=\dfrac{q}{V}$

二、电容器的电容： $C=\dfrac{q}{V_A-V_B}$

♣ 计算电容的基本步骤：

1.先假设两极板分别带电+q、-q；

2.用高斯定理求电场强度的分布；

3.求两极板间的电势差；

4. $C=\dfrac{q}{V_A-V_B}$

♦ 利用电容的串并联公式计算电容

几种常见电容器的电容：

- 孤立导体的电容： $C = 4\pi\varepsilon_0 R$
- 平行板电容器： $C = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$
- 同心球形电容器： $C = 4\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$
- 圆柱形电容器（同轴电缆）：

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 L}{\ln\dfrac{R_2}{R_1}}$$

电容器的串联 $\dfrac{1}{C} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} + \cdots \dfrac{1}{C_N}$

电容器的并联 $C = C_1 + C_2 + \cdots + C_N$

电介质及其极化

一、电介质：

电介质就是通常所说的绝缘体。在静电场中平衡时：

1.内部电场强度不为零；

2.电介质表面出现束缚电荷。

二、极化强度：

定义：

$$\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_i}{\Delta V}$$

表示单位体积内分子电偶极矩的矢量和。

实验证明：在各向同性的电介质中 $\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E}$

束缚电荷面密度： $\sigma' = P\cos\theta = \vec{P} \cdot \vec{n}$

电介质中静电场的基本定理

一、电介质中的电场强度：

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

二、电位移矢量　电介质中的高斯定理

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

$$\oint_S \vec{D} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = \sum q_0$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0 (\varepsilon_r - 1) \vec{E}$$

利用介质中的高斯定理，只需求出电位移矢量$\vec{D}$，在利用$\vec{D}$和$\vec{E}$的关系式求$\vec{E}$，从而确定出极化强度$\vec{P}$和束缚电荷面密度σ'。

静电场的能量

一、点电荷系统的电势能（相互作用能）：

$$W=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}q_iV_i \quad 或 \quad W=\frac{1}{2}\int V\mathrm{d}q$$

V为带电体上所有电荷在电荷元**dq**处产生的电势

二、电容器的能量：

$$U_e=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}qV$$

三、电场能量

$$U_e=\int_V u_e\mathrm{d}V=\int_V\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r}{2}E^2\mathrm{d}V$$

第11 稳恒电流

要求：电流和电流密度，电动势。

- 电流 $I=\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}=\int_S \vec{j}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$ 电流稳恒的条件：$\boxed{\oint_S \vec{J}\cdot d\vec{s}=0}$

$$j=\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}S_{\perp}}=\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}S\cos\theta}\qquad \vec{j}=-en\vec{v}_d\qquad v_d\text{漂移速度}$$

欧姆定律的微§16.1分形式 $\boldsymbol{j}=\gamma\boldsymbol{E}$ $\gamma=1/\rho$ 为电导率

- 电动势

非静电性场强

$$\varepsilon=\frac{W}{q}=\int_{-in}^{+}\vec{E}_k\cdot \mathrm{d}\vec{l}\qquad \varepsilon=\oint \vec{E}_k\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 电容器的充电和放电

12章 稳恒磁场

要求：熟练掌握磁感应强度，毕奥—萨伐尔定律，磁场的高斯定理，熟练掌握安培环路定理，掌握磁场对电流的作用，带电粒子在磁场中的运动和偏转，霍尔效应。

- 两根平行导线受到的磁相互作用

$$F_m = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}; \qquad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{N/A^2}$$

- 运动电荷的场

点电荷***q***以速度***v*** 运动, 在***P***点所产生的磁场**(*v*<<*c*)**

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

- 毕奥一萨伐尔定律

电流元 $Id\vec{l}$ 在空间 ***P*** 点产生的磁场 $d\vec{B}$ 为：

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

- 叠加原理

$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i ; \quad \vec{B} = \int_L d\vec{B} = \int_L \frac{\mu_o Id\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi r^2}$$

- 磁通量 $\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$

- 高斯定律 $\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$

- 安培环路定理 $\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_o \sum_i I_i$

- 几种典型稳恒电流磁场的磁感应强度

有限长载流直导线 $B = \dfrac{\mu_o I}{4\pi r_o}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

无限长载流直导线 $B = \dfrac{\mu_o I}{2\pi r_o}$

圆电流环轴线上一点 $$B_z = \frac{\mu_o R^2 I}{2(R^2 + r_o^2)^{3/2}}$$

圆电流环中心 $$B = \frac{\mu_o I}{2R}$$

一段载流圆弧 $$B = \frac{\theta}{2\pi} \cdot \frac{\mu_o I}{2R}$$

载流直螺线管内 $$B = \frac{\mu_o}{2} nI(\cos\beta_2 - \cos\beta_1)$$

无限长载流螺旋管内 $$B = \mu_o nI$$

载流螺绕环内 $B=\mu_o nI$

无限大均匀载流导体薄板 $B=\dfrac{\mu_o}{2}j$

- 洛伦磁力 $\vec{F}_L=q\vec{v}\times\vec{B}$

$$\vec{F}=q\vec{E}+q\vec{v}\times\vec{B}$$

- 安培定律 $\mathrm{d}\vec{F}=I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$ $\vec{F}=\int_L I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$

- 均匀磁场对载流线圈的作用

载流线圈所受合力为零

载流线圈所受磁力矩　$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B}$

载流线圈的磁矩　$\vec{P}_m \overset{def}{\equiv} IS\hat{n}$

- 解题方法

求***B***：稳恒电流产生的或者是运动电荷产生的

求***F***：磁场对载流导线或者是运动电荷的作用

- 磁力做的功：$A=I\Delta\Phi$　$A = \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} I\mathrm{d}\Phi$

♣ 稳恒电流的磁场

(1) 叠加法

$$\vec{B}=\int_L \frac{\mu_o I\mathrm{d}\vec{l}\times\hat{r}}{4\pi r^2}$$

元电流的选取是任意的

$$\vec{B}=\int_L \mathrm{d}\vec{B}$$

利用已知的结果，巧妙选取电流元，简化计算

(2) 安培环路定律

$$\oint_L \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\mu_o\sum_i I_i$$

电流分布应具有对称性，关键是找到易于将***B***的环流展开计算的积分环路。有些特殊情况可用填补法将不对称问题转化为对称问题来求***B***。

♣载流导线在磁场中受力

$$\vec{F} = \int_L I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}$$

注意是矢量。首先建立适当的坐标系，把矢量求解转化成代数量求和。此外是叉积，要注意受力方向。

均匀磁场较容易，如为弯导线可采用把两端连成直导线的等效方法计算。

非均匀磁场，一般要用积分方法计算。

♣运动电荷受力 $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

♣闭合线圈受到的力矩

$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B}$ $\vec{P}_m \overset{def}{\equiv} IS\hat{n}$ 不必考虑线圈形状和电流元的受力情况

♣带电粒子在均匀磁场中的运动

- 带电粒子在均匀磁场中的匀速圆周运动

半径 $R=\dfrac{mv_{\perp}}{qB}$

周期 $T=\dfrac{2\pi R}{v_{\perp}}=\dfrac{2\pi m}{qB}$

频率 $\upsilon=\dfrac{1}{T}=\dfrac{qB}{2\pi m}$

- 带电粒子在磁场中的螺旋线运动

螺距 $h=v\cos\theta\cdot\dfrac{2\pi m}{qB}$

♣ 霍耳效应

霍尔电势差 $$V_H = R_H \frac{IB}{d}$$

霍尔系数 $$R_H = \frac{1}{nq}$$

第13章 磁场中的磁介质

要求：磁介质的分类，一般了解存在磁介质时磁场的基本规律。

一、磁介质的分类：

与电场中的电介质相类似，处在磁场中的磁介质也要磁化

$$\vec{B}=\vec{B}_0+\vec{B}'$$

但实验表明，不同的磁介质在磁场中产生的附加磁场是各不相同的，可按其附加磁场分为三大类：

1.顺磁质： $\vec{B}'$与$\vec{B}_0$同方向, $\vec{B}>\vec{B}_0$ $\mu_r>1$

2. 抗磁质 $\vec{B}'$与$\vec{B}_0$反方向, $\vec{B}<\vec{B}_0$ $\mu_r<1$

3. 铁磁质 $\vec{B}'$与$\vec{B}_0$同方向且$\vec{B}'>>\vec{B}_0$，$\vec{B}>>\vec{B}_0$ $\mu_r>>1$

二、束缚电流与磁化强度的关系

$$\vec{M} = \frac{\sum \vec{p}_m}{\Delta V}$$

$$\vec{j}_m = \vec{M} \times \vec{n}, \quad I_m = \oint_L \vec{M} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

三、介质中的安培环路定律

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_L I$$

四、介质中的高斯定律

$$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

磁介质中的安培环路定理

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum_L I$$

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H}$$

$$\vec{H} \overset{def}{\equiv} \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$$

$$\vec{B} = \mu_0(1+\chi_m)\vec{H}$$

$$\mu_r = (1+\chi_m)$$

$$\vec{B} = \mu_0\mu_r\vec{H} = \mu\vec{H}$$

称为相对磁导率

$\mu = \mu_0\mu_r$ 磁导率

电介质中的高斯定理

$$\oiint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \iiint_V \rho_e dV$$

$$\vec{P} = \chi_e\varepsilon_0\vec{E}$$

$$\vec{D} \overset{def}{\equiv} \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$$

$$\vec{D} = (1+\chi_e)\varepsilon_0\vec{E}$$

$$\varepsilon_r = (1+\chi_e)$$

$$\vec{D} = \varepsilon_r\varepsilon_0\vec{E} = \varepsilon\vec{E}$$

ε_r 称为相对电容率或相对介电常量。

本章计算主要是求***B***、***H***和$\boldsymbol{j_m}$

方法：

1 由安培环路定律$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_L I$计算出***H***。

2 由$\vec{B}=\mu_0\mu_r\vec{H}$计算出***B***。

3 由$\vec{M}=\chi_m\vec{H}=(\mu_r-1)\vec{H}$计算出***M***。

4 由$\vec{j}_m=\vec{M}\times\vec{n}$计算出$\boldsymbol{j_m}$。

第14章 电磁感应

要求：掌握电磁感应的基本规律，熟练掌握动生和感生电动势，随时间变化的磁场，自感，互感，磁场的能量。

- 法拉第电磁感应定律和楞次定律：

$$\varepsilon == -\frac{\mathrm{d}\Phi_B}{\mathrm{d}t}$$

负号表示感应电动势总是反抗磁通的变化

- 动生电动势：

$$\varepsilon = \int_a^b (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

- 感生电动势：

$$\varepsilon = \oint_L \vec{E}_{旋} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

- 自感：　自感电动势：$\varepsilon_L = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$

自感系数：$L = \frac{\psi}{I}$　　$\psi = N\Phi_B$

●互感：

互感电动势：$\varepsilon_{21} = -M_{21}\dfrac{di_1}{dt}$　　$\varepsilon_{12} = -M_{12}\dfrac{di_2}{dt}$

互感系数：$M = \dfrac{\Psi_{21}}{I_1} = \dfrac{\Psi_{12}}{I_2}$

●磁场的能量

自感磁能　$U_m = \dfrac{1}{2}LI^2$

磁场的能量密度　$u_m = \dfrac{B^2}{2\mu} = \dfrac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H}$

磁场所储存的总能量　$U_m = \int u_m \mathrm{d}V = \int \dfrac{\vec{H}\cdot\vec{B}}{2}\mathrm{d}V$

●计算方法（各种电动势、自感系数、磁场能量的计算）

动生电动势的计算:

1、$\varepsilon=\int_a^b(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}$　注意先算叉积，后算点积。

2、$\varepsilon=-\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$

要求回路闭合。如不闭合，用辅助线连成假象的回路，用上式计算$\varepsilon_{总}$，$\varepsilon_{总}=\varepsilon+\varepsilon'$，其中$\varepsilon'$为辅助线上的电动势。尽量使$\varepsilon'=0$或$\varepsilon'$很容易计算，这样可以方便的计算出$\varepsilon$。

感生电动势的计算:

1、$\varepsilon=\oint_L \vec{E}_k\cdot \mathrm{d}\vec{l}$

$\vec{E}_k$ 具有某种对称性才有可能计算出来

$$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=-\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

2、$\varepsilon=-\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$

自感系数的计算:

1、定义式 $L=\dfrac{\psi}{I}$

2、利用公式$U_m=\dfrac{1}{2}LI^2$由磁场能量推算***L***的大小。

互感系数计算：

1. 先在容易求出磁场分布的线圈中，假设通有电流I；

2. 求出相应的磁场分布；

3. 在另一个容易计算磁通量的回路中求互感磁通量；

4. 求出M（*I*一定消去）。

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

磁场能量计算

$$U_m = \int u_m \mathrm{d}V = \int \frac{\vec{H} \cdot \vec{B}}{2} \mathrm{d}V$$

电磁场的总能量:

$$U = \iiint_V \frac{1}{2}(\vec{E} \cdot \vec{D} + \vec{B} \cdot \vec{H}) \cdot \mathrm{d}V$$

注意**d*V***的选取，一定要使**d*V***中每一点***B***的数值相等。

第15章 电磁场和电磁波

要求：掌握位移电流，全电流，全电流安培环路定理，麦克斯韦方程积分形式。

1. 位移电流 $I_d = \frac{\mathrm{d}\Phi_D}{\mathrm{d}t}$

位移电流的面密度 $\vec{J}_d = \frac{\mathrm{d}\vec{D}}{\mathrm{d}t}$

全电流定理 $I = I_0 + I_d$

全电流安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \sum I_{全} = \int_S \left(\vec{J}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot \mathrm{d}\vec{S}$

位移电流的计算

先用电场的理论解出$\boldsymbol{D}$，进而求$\boldsymbol{J_d}$和$\boldsymbol{I_d}$。

2. 麦克斯韦方程组

$$\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=\int_V \rho_0 \mathrm{d}V$$

$$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=-\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

$$\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=0$$

$$\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\int_S \vec{J}_0\cdot \mathrm{d}\vec{S}+\int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}S$$

3、电磁波的性质

a. 电磁波是横波 $\vec{E} \perp \vec{H}$

$\vec{E} \times \vec{H}$ 的方向即电磁波的方向

$$E = E_0 \cos\omega(t - \frac{r}{c})$$

$$H = H_0 \cos\omega(t - \frac{r}{c})$$

b. $\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 同频同向，变化步调一致

$$\frac{E}{H} = \frac{E_0}{H_0} = \frac{\sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\varepsilon_0}} \qquad \frac{E}{H} = \frac{E_0}{H_0} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\varepsilon}}$$

c. 光在真空中的传播速度 $c = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$

光波是一种电磁波

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \qquad n = \frac{c}{v} = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$$

b. 电磁波的印亭矢量

$\vec{\boldsymbol{S}} = \vec{\boldsymbol{E}} \times \vec{\boldsymbol{H}}$ 这是空间任一点坡印廷矢量表达式

$$\bar{\boldsymbol{S}} = \frac{1}{2} \boldsymbol{E}_0 \boldsymbol{H}_0$$

第16章 光的干涉

要求：获得相干光的方法，熟练掌握杨氏双缝干涉，光程，掌握光程差和相位的关系，熟练掌握薄膜干涉，了解迈克尔逊干涉仪的工作原理。

一、干涉条件

$\delta = n_1 r_1 - n_2 r_2$　　称为光程差

$$\delta = n_1 r_1 - n_2 r_2 = \begin{cases} \pm k\lambda_0 --- \text{加强} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda_0}{2} --- \text{减弱} \end{cases}$$

二、双缝干涉（分波面干涉）

$$d\sin\theta = \begin{cases} \pm k\lambda \quad k = 0,1,2\ldots \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} \quad k = 0,1,2\ldots \text{暗纹} \end{cases}$$

相邻明纹间距　$\Delta x = \pm \dfrac{D}{d}\lambda$

$$d\sin\theta = d\tan\theta = d\,\frac{x}{D}$$

其他明纹位置　$x = \pm \dfrac{D}{d}k\lambda$

三、薄膜干涉　注意半波损失

等倾干涉（匀厚膜干涉）

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \delta' = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3, \ldots \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2\ldots \end{cases}$$

等厚干涉：

垂直入射，

$$\delta = 2n_2 e + \delta' = \begin{cases} k\lambda & k=1,2,3\ldots \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & k=0,1,2,3\ldots \end{cases}$$

1 劈尖干涉（明暗相间直条纹）

测量微小长度、　检测平面

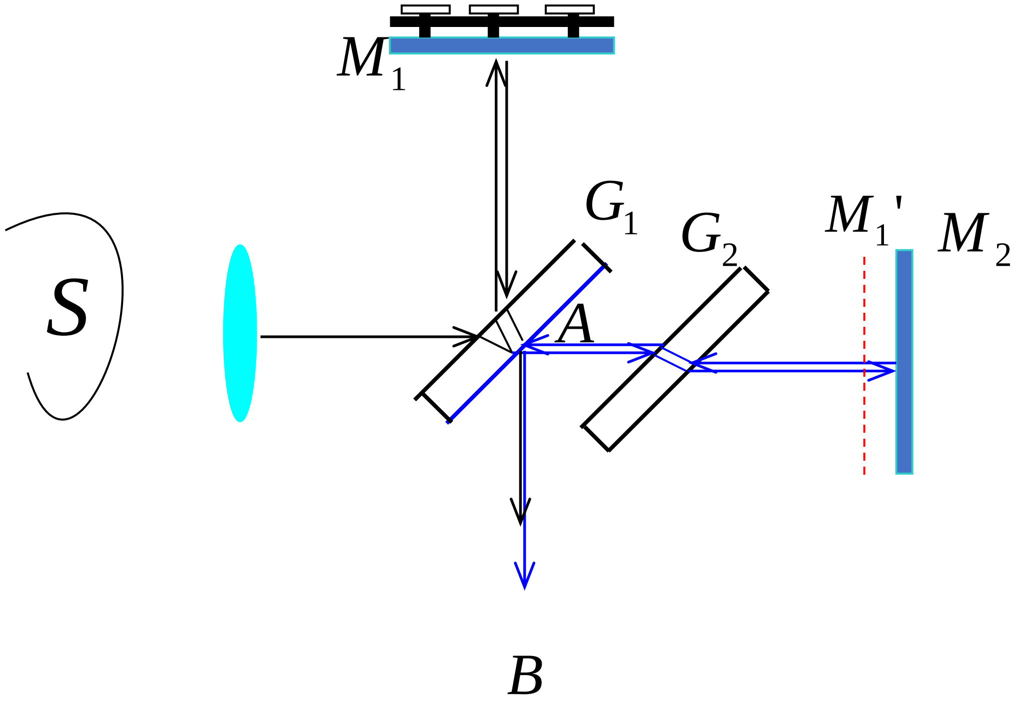
2 牛顿环（明暗相间同心圆）

四、时间相干性、空间相干性：

$$\delta \le L_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$ 才能相干

光源宽度 $a \le \frac{D'\lambda}{d}$ 才能相干

五、迈克耳孙干涉仪



六、解题步骤

1 确定相干光

2 计算两相干光的光程差（有无半波损失）

3 写出明暗条纹条件

4 分析干涉条纹形状、特点、级次、间距等问题。

5 动态特征的讨论

第17章 光的衍射

要求：惠更斯——菲涅耳原理，熟练掌握单缝的夫琅禾费衍射，菲涅耳半波带法，了解单缝衍射的光强分布，熟练掌握光栅衍射，了解圆孔衍射，光学仪器的分辨本领，x射线在晶体上的衍射。

一、惠更斯-菲涅耳原理

从同一波阵面上各点发出的子波在空间某点相遇时，可相互叠加产生干涉。

二、单缝夫琅和费衍射（正确理解衍射角θ的含义及与总光程差、屏上位置的关系）

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

注意**k**从**1**开始，不能取**0**。

中央明条纹满足：$-\lambda < a\sin\theta < \lambda$

三、圆孔夫琅和费衍射

爱里斑的半角宽：$\theta_0 \approx \sin\theta_0 = 0.61\lambda / R = 1.22\lambda / D$

爱里斑的半径：$r_0 = \theta_0 f = 1.22\lambda f / D$

四、光学仪器的分辨本领

1 瑞利判据

点物S_1的爱里斑中心恰好与另一个点物S_2的爱里斑边缘（第一衍射极小）相重合时，恰可分辨两物点。

2 光学仪器的分辨本领 $R = D / 1.22\lambda$

五、衍射光栅

主极大明条纹中心位置（光栅方程）：

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \cdots$$

主极大的位置与缝数无关。

缺极条件（主极大的强度受单缝衍射的调制）：

$$k = (a+b)/a \cdot k', \qquad k' = 1,2,\ldots\ldots$$

主极大的半角宽：$\Delta\theta_k = \dfrac{\lambda}{d\cos\theta_k N}$

光栅的分辨本领： $R = \dfrac{\lambda}{\delta\lambda} = Nk$

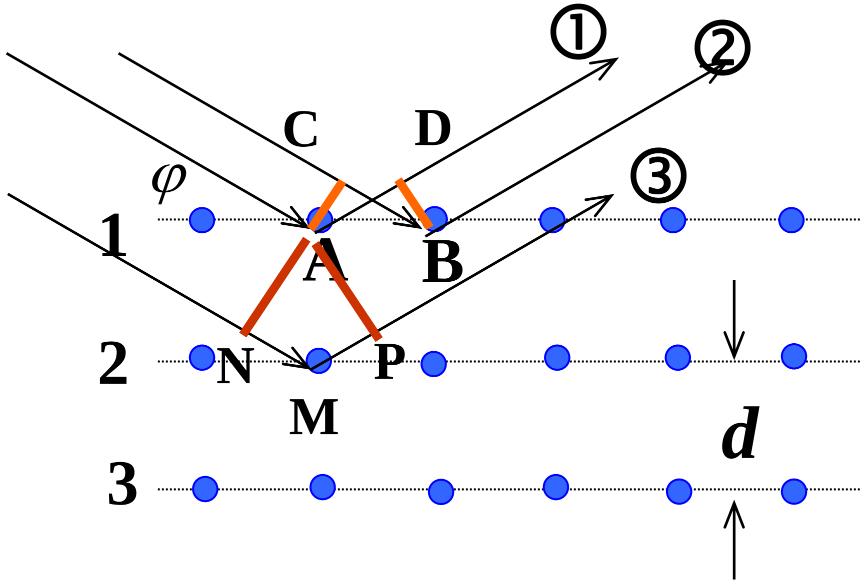
采用高级次或增大光栅的缝数有利于提高光栅分辨本领。

六、X射线衍射

布喇格方程：

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

其中θ为掠射角



第18章 光的偏振

要求： 自然光和偏振光，起偏和检偏，熟练掌握马吕斯定律，反射和折射的偏振，熟练掌握布儒斯特定律。

1、偏振状态：自然光

线偏振光、园偏振光、椭圆偏振光

部分偏振光。

2、产生偏振光：偏振片、反射和折射、双折射

3、马吕斯定律： $I = I_0 \cos^2 \alpha$

4、布儒斯特定律： $\tan i_p = \dfrac{n_2}{n_1} = n_{21}$

5、双折射：**o**光、**e**光，波片 $\Delta\varphi = (n_o - n_e) d\, 2\pi / \lambda$

6、偏振光的干涉及其应用：光弹性效应和光电效应

第19章 几何光学

要求：熟练几何关系的基本定理，掌握各类成像公式，掌握磨镜者公式，掌握各类光学仪器的角放大率或放大率。

球面镜反射成像的公式: $$\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}$$

凹面镜, $f=\frac{|R|}{2}$

凸面镜, $f=-\frac{|R|}{2}$

单球面折射成像: $$\frac{n_1}{S}+\frac{n_2}{S'}=\frac{n_2-n_1}{R}$$

薄透镜公式: $$\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f}$$

透镜制造者公式: $$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

放大镜放大倍数：

$$m_q \gg \frac{S_0}{f_e}$$

（其中S_0为人眼明视距离~25cm）

显微镜的放大率：

$$M = m \cdot m_\theta \approx -\frac{f_o + \Delta}{f_o} \cdot \frac{S_0}{f_e}$$

望远镜角放大倍数：

$$m_\theta \approx -\frac{f_o}{f_e} \quad (\mathrm{f}_o > \mathrm{f}_e)$$

第20章 电磁辐射的量子性

要求：热辐射，普朗克量子假设，熟练掌握黑体辐射的实验规律。掌握光电效应，康普顿效应，光的波粒二象性。

黑体辐射:

（如果物体对任何波长的电磁波都能全部吸收称为黑体）

斯特藩——玻耳兹曼定律

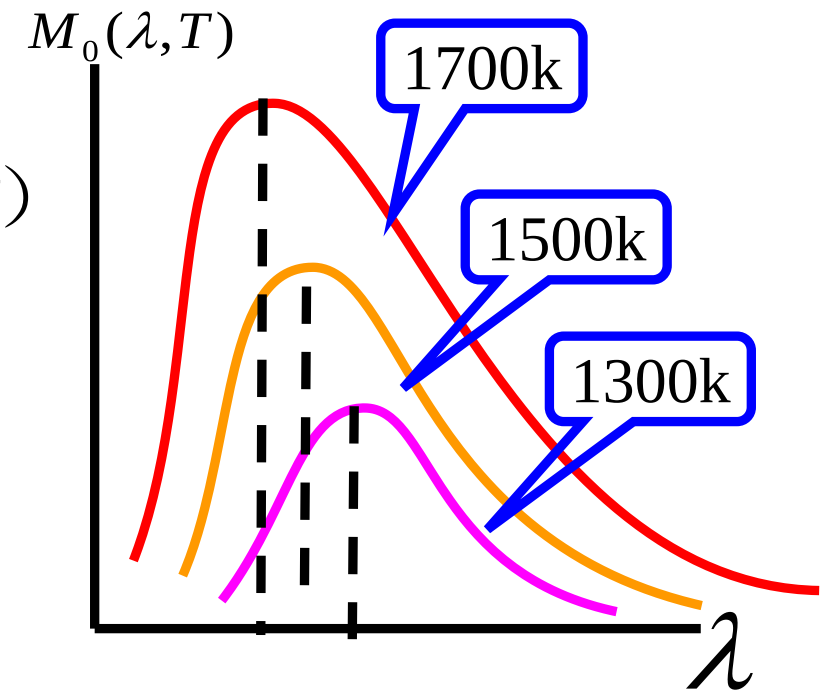
$$M_0(T)=\sigma T^4$$

$$\sigma=5.67\times10^{-8}\text{瓦}/(\text{米}^2\cdot\text{开}^4)$$

维恩位移定律

$$T\lambda_m=b$$

$$b=2.897\times10^{-3}\text{米}\cdot\text{开}$$



普朗克能量子假说

***辐射物体中包含大量谐振子的能量是取特定的分立值**

*** 存在着能量的最小单元（能量子$E=h\nu$);**

$h=6.626\times10^{-34}$焦耳。

*** 振子只能一份一份地按不连续方式辐射或吸收能量**

普朗克黑体辐射公式

$$M_0(\lambda,T)=2\pi hc^2\lambda^{-5}\frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}}-1}$$

光电效应

（光照射到金属表面时，电子从金属表面逸出的现象）

实验规律

1 饱和光电流和入射光强成正比

2 存在截止**(**红限**)**频率

3 光电子的最大初动能与入射光强无关，与频率成线性关系

4 光电效应是瞬时的，弛豫时间小于**10^{-9}s**

爱因斯坦光子假说

认为光是以光速c运动的粒子流，这些粒子称为光子。一个频率为 ν 的光子具有能量$E = h\nu$

光电方程 $h\nu = \frac{1}{2}mv_m^2 + W$

红限频率 $\nu_0 = \frac{W}{h}$

截止电压 $V_a = \frac{mv_m^2}{2e}$

康普顿效应

单色X射线被物质散射时，散射光中除了有波长与入射光相同的成分外，还有波长较大的成分，这种波长变长的现象叫康普顿效应。

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0 c}\sin^2\frac{\varphi}{2} = 2A\sin^2\frac{\varphi}{2}$$

A=0.00242nm

光的波粒二象性

$$E = h\nu \qquad p = \frac{h}{\lambda} \qquad m = \frac{h\nu}{c^2}$$

第21章 量子力学简介

要求：实物粒子的波动性，不确定性关系，熟练掌握波函数及其统计解释，薛定谔方程，一维无限深势井中的粒子。

德布罗意波 $$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$$E = mc^2 = h\nu$$

$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

不确定性原理 $$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

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

是实物粒子波粒二象本性的必然结果

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

薛定谔方程

定态薛定谔方程

$$\nabla^2\varphi(x)+\frac{2m}{\hbar^2}\left[E-U(x)\right]\varphi(x)=0$$

方程的每一个解 φ 描述粒子的一种稳定状态 (定态)，相对应的 E 就是粒子在这个稳定状态下的能量。

解决问题的方法

1 分析粒子所处的势场，写出势能函数U，进而写出薛定谔方程。

2 根据初始化条件、边界条件和波函数的归一化条件，求出相应的波函数。

波函数的统计解释

$$\psi(x,t)=\psi_0 \mathrm{e}^{-\frac{i}{\hbar}(Et-px)}$$

波函数必须满足单值、连续和有限和归一化的条件

波函数的归一化条件 $\iiint|\psi|^2\cdot \mathrm{d}V=1$

其中 $|\psi|^2=\psi\cdot\psi^*$为概率密度，表示在某一时刻在某点处单位体积粒子出现的概率。

一维无限深势阱（熟练掌握）

粒子其波函数（本征波函数）：

$$\varphi_n(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin(\frac{n\pi x}{a}),\qquad n=1,2,3,\cdots\qquad 0\le x\le a$$

概率密度：$$\left|\varphi_n(x)\right|^2=\frac{2}{a}\sin^2(\frac{n\pi x}{a}),\qquad n=1,2,3,\cdots$$

能量本征值：

$$E_n=\frac{\hbar^2\pi^2}{2ma^2}n^2\qquad n=1,2,3,\cdots$$

贯穿势垒的概率（U_0 >>E）

$$T=\left|\frac{C}{A_1}\right|^2 \approx e^{-\frac{2a}{\hbar}\sqrt{2m(U_0-E)}}=e^{-2a\kappa}$$

贯穿概率与势垒的宽度与高度有关

第22章 氢原子及原子结构初步

- 要求：氢原子光谱的规律性，玻尔氢原子理论。掌握量子力学描述氢原子的量子数及意义；掌握原子的电子壳层结构与元素周期律

玻尔假设: 定态假设 $E_n = E(n) \quad n = 1,2,3,\cdots$

跃迁假设 $h\nu = E_n - E_m$

量子化条件 $L = n\hbar \quad n = 1,2,3\cdots$

波尔理论的几个结果:

电子轨道半径 $r_n = -\dfrac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2 = n^2 a_0 \quad n = 1,2,3,\cdots$

$a_0 = 0.529 \times 10^{-10} m$ 玻尔半径

氢原子能级

$$E_n = -\frac{m e^4}{8\varepsilon_0{}^2 n^2 h^2} = -\frac{13.6}{n^2} eV \quad n = 1,2,3,\cdots$$

n=1时为基态，n为其他整数时为激发态

氢原子光谱

赖曼系 $\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})\qquad n=2,3,4,\cdots$

巴耳末系 $\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}),\qquad n=3,4,5\cdots$

帕邢系 $\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})\qquad n=4,5,6,\cdots$

布喇开系 $\tilde{\nu}=\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2}),\qquad n=5,6,7,\cdots$

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}) \qquad m = 1,2,3,\cdots$$

$$n = m+1, m+2, \cdots$$

$$R = \frac{2^2}{B} = 1.0967758 \times 10^7 \text{米}^{-1}$$

当**m**一定时，由不同的**n**构成一个谱系；
不同的**m**构成不同的谱系。

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0{}^2 h^2}(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$$

原子中的电子状态

四个量子数n, l, m_l, m_s

1 主量子数n：确定电子能量，**n**越小，能级越底

2 角量子数l：确定电子绕核运动的角动量

$$L=\sqrt{l(l+1)}\hbar \quad l=0,1,2,\cdots,n-1$$

3 磁量子数m_l：确定角动量在外磁场方向的分量

$$L_z=m_l\hbar \quad m_l=0,\pm1,\cdots,\pm l$$

4 自旋磁量子数m_s：确定自旋角动量在外磁场方向的分量

$$m_z=m_s\hbar \quad m_s=\pm\frac{1}{2}$$

泡利不相容原理和能量最小原理

电子出现在原子核周围的概率密度为:

$$\left|\psi_{nlm_l}(r,\theta,\varphi)\right|^2=\left|R_{nl}(r)\Theta_{lm_l}(\theta)\Phi_{m_l}(\varphi)\right|^2$$

径向概率密度： $P(\mathrm{r})=\left|R_{nl}(r)\right|^2 r^2$

第23章 激光和固体能带基本知识

要求： 掌握激光的产生条件和基本特性；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结伏特曲线，掌握禁带宽度与外加光子能量之间的关系 。

一、激光的产生条件：

1.粒子数反转；　　　2.光放大（光学谐振腔）。

二、激光的基本特性：

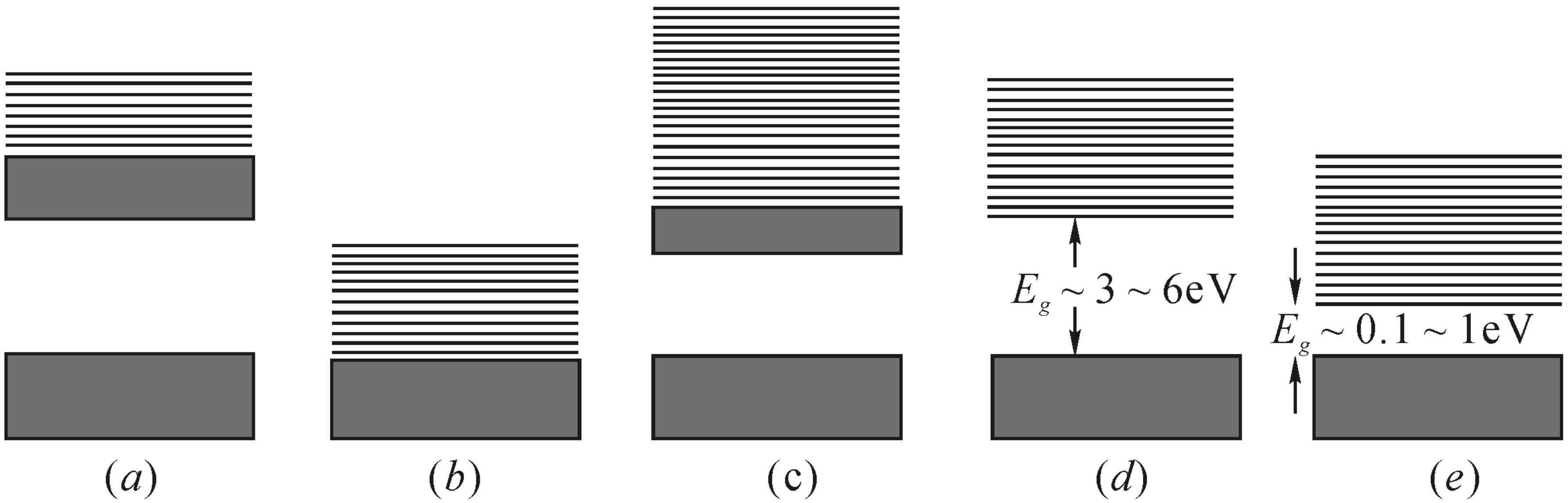
1.方向性好；　　　2.亮度高；

3.单色性好；　　　4.相干性好。

三、激光器的基本结构:

1.工作物质;　　2.激励能源;　　3.光学谐振腔

四、导体、绝缘体和半导体的能带特征



五、半导体

1.本征半导体

2.n型半导体：

（电子导电为主）

3.p型半导体：

（空穴导电为主）

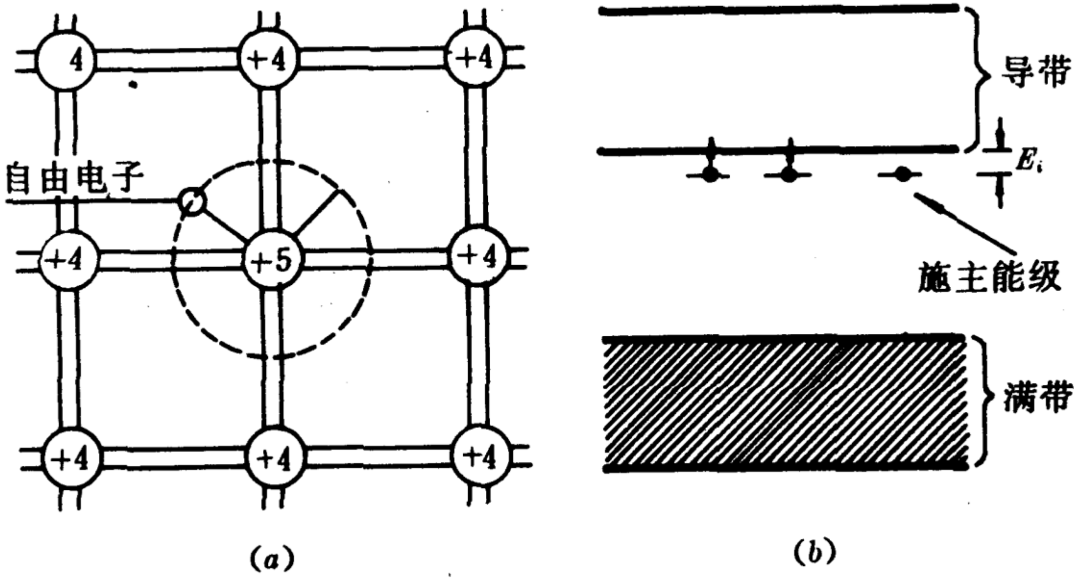


图 22. 18　n 型半导体

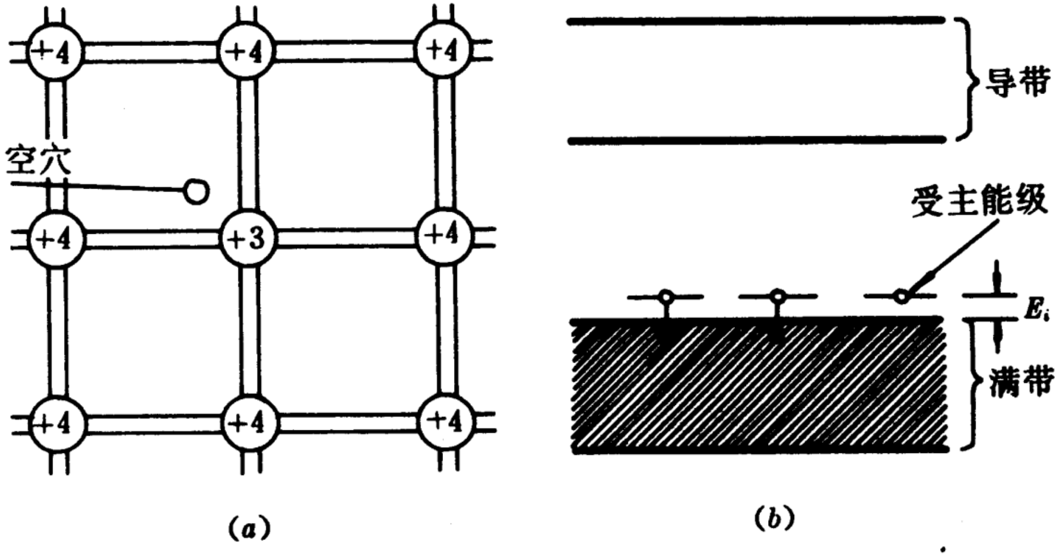


图 22. 19　p 型半导体

六、p-n结：

主要了解p-n结的形成过程与p-n结的电势分布曲线

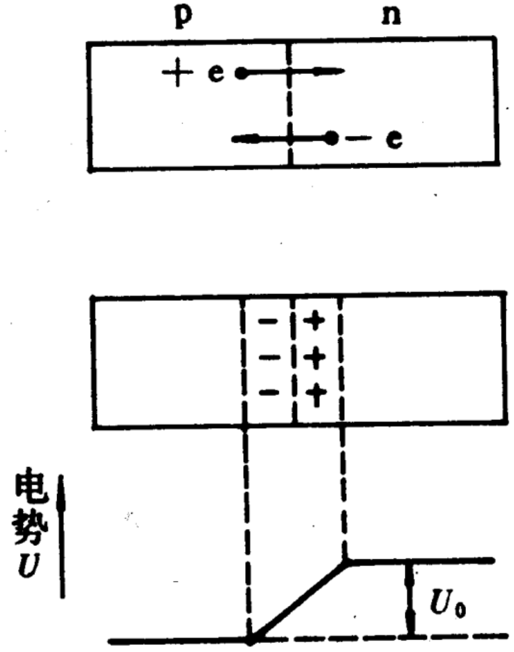


图 22.20　p-n 结和电势曲线