- 第六章 静电场
- 第七章 恒定磁场
- 第八章 变化的电磁场

> 大学物理 公式

第九章 振动学基础

$\S 9.1$ 简谐振动

- 简谐运动动力学方程：（ω 固有圆频率）

$$\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2}+\omega^2 x=0, \qquad \omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

- 简谐运动运动方程：

$$x=A\cos(\omega t+\varphi)$$

- 已知简谐振动质点的初位移为x_0，初速度为v_0，可得振幅和初相：

$$A=\sqrt{x_0^2+\left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2}$$

$$\varphi=\arctan\left(-\frac{v_0}{\omega x_0}\right)$$

- 单摆的振动周期：（l 单摆长度）

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

- 复摆的振动周期：（I 复摆转动惯量）

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{I}{mgh}}$$

- 弹簧振子在 t 的总机械能：

$$E=E_k+E_p=\frac{1}{2}kA^2$$

- 简谐振动在一个周期 T 内势能 $\bar{E_p}$ 和动能 $\bar{E_k}$ 的平均值

$$\bar{E_p} = \bar{E_k} = \frac{1}{2}E$$

$\S 9.2$ 简谐运动的合成与分解

- 同一直线上相同频率的简谐运动的合成
  - 同相，反相
- 同一直线上不同频率的简谐振动的合成
  - 合振动的表达式：

$$x = 2A\cos\frac{\omega_2-\omega_1}{2}t\cos\left(\frac{\omega_2+\omega_1}{2}t+\varphi\right)$$

  - 合振动在单位时间内加强或减弱的次数拍频为：

$$\nu_{拍} = \frac{1}{T}\frac{\omega_2-\omega_1}{2\pi} = \nu_2-\nu_1$$

$\S 9.3$ 阻尼振动

- 质量为 m 的振动物体，在弹性力和阻力 $F_f(=-\gamma v)$作用下的动力学方程：

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}+\frac{\gamma}{m}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}+\frac{k}{m}x=0$$

  - 欠阻尼情况($\beta<\omega_0$)，解为：

$$x = A\mathrm{e}^{-\beta t}\cos(\sqrt{\omega_0^2-\beta^2}t+\varphi)$$

第十章 波动学基础

$\S 10.1$ 波动的基本概念

- 在拉紧的绳或弦中，横波的速度为：（F_T为张力，ρ_l为质量线密度）

$$u = \sqrt{\frac{F_T}{\rho_l}}$$

- 波速 u、波长 λ、周期 T、频率 ν 之间的关系：

$$u = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$$

§10.2 简谐波

- 沿 x 轴正方向传播的平面简谐波的波函数：

$$\begin{aligned} y(x,t) &= A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right] \\ &= A\cos\left[\omega t - 2\pi\frac{x}{\lambda}+\varphi\right] \\ &= A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi\right] \\ &= A\cos\left[\frac{2\pi}{\lambda}(ut-x)+\varphi\right] \end{aligned}$$

§10.3 波的能量

- 波的能量密度：

$$w = \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}V} = \rho\omega^2A^2\sin^2\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)$$

- 波的平均能量密度：

$$\bar{w} = \frac{1}{2}\rho\omega^2A^2$$

- 通过 ΔS 面积波的平均能流：

$$\bar{P} = \bar{w}\Delta Su = \frac{1}{2}\rho\omega^2A^2\Delta Su$$

- 波的平均能流密度（波的强度）：

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta S} = \bar{w}u = \bar{w}\Delta Su = \frac{1}{2}\rho\omega^2A^2u$$

§10.4 波的干涉

- 两分波初相均为零时的驻波方程：

$$y = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\omega t$$

§10.6 多普勒效应

- 当波源和观察者相对于介质分别以 v_S 和 v_R 相向运动时，观察者接收到的频率为：（ν_S 波源频率）

$$\nu_R = \frac{u+v_R}{u-v_S}\nu_S$$

第十一章 波动光学

§11.1 光的干涉

- 光在介质 n 中传播的路程 l，相应的相位改变为：

$$\Delta\varphi_l = 2\pi\frac{l}{\lambda_n} = 2\pi\frac{nl}{\lambda}$$

- 杨氏双缝干涉
  - 明纹中心位置

$$x = \pm k\frac{D}{d}\lambda \qquad (k=0,1,2,...)$$

  - 暗纹中心位置

$$x = \pm\left(k-\frac{1}{2}\right)\frac{D}{d}\lambda \qquad (k=1,2,3,...)$$

- 波列的相干长度：

$$L_0 = \delta_{max} = \frac{c}{\Delta\nu} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

- 等倾干涉（空间折射率 n_1，薄膜折射率 n_2，且 $n_2 > n_1$）
  - 明纹中心满足的光程差条件：

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \qquad (k=1,2,3,...)$$

  - 暗纹中心满足的光程差条件：

$$\delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\frac{\lambda}{2}=\ (2k+1)\ \frac{\lambda}{2}\qquad(k=0,1,2,\ldots)$$

- 等厚干涉
  - 劈尖
    - 相邻两明纹中心位置对应的厚度差：

$$\Delta e=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2}$$

    - 相邻两明纹中心间的间距：（θ 两面夹角）

$$\Delta l=\frac{\Delta e}{\sin\theta}\approx\frac{\Delta e}{\theta}=\frac{\lambda}{2\theta}$$

  - 牛顿环
    - 明纹半径：（R 曲率半径）

$$r=\sqrt{\frac{2k-1}{2}R\lambda}\qquad(k=1,2,3,\ldots)$$

    - 暗纹半径：

$$r=\sqrt{kR\lambda}\qquad(k=,0,1,2,\ldots)$$

- 迈克尔逊干涉仪（等效膜厚度 Δe，入射角 i_k）
  - 明纹中心位置的光程差：

$$\delta=2\Delta e\cos i_k=\pm k\lambda\qquad(k=0,1,2,\ldots)$$

  - 暗纹中心位置的光程差：

$$\delta=2\Delta e\cos i_k=\pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}\qquad(k=0,1,2,\ldots)$$

$\S 11.2$ 光的衍射

- 夫琅禾费单缝衍射（狭缝宽度为 a）
  - 条纹的中心位置
    - 明纹中心位置满足：（ϕ 衍射角）

$$a\sin\phi=\pm(2k+1)\cdot\frac{\lambda}{2}\qquad(k=1,2,3,\ldots)$$

    - 暗纹中心位置满足：

$$a\sin\phi = \pm 2k\cdot\frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda \qquad (k=1,2,3,...)$$

- 条纹的宽度
    - 角宽度和线宽度的关系：

$$\Delta x = f\cdot\Delta\phi$$

    - 中央明纹
        - 角宽度为：

$$\Delta\phi_0 = \frac{\lambda}{a} - \frac{-\lambda}{a} = \frac{2\lambda}{a}$$

        - 线宽度为：

$$\Delta x_0 = f\cdot\frac{2\lambda}{a}$$

    - 第 k 级明纹
        - 角宽度为：

$$\Delta\phi_0 = \frac{k+1}{a}\lambda - \frac{-k}{a}\lambda = \frac{\lambda}{a}$$

        - 线宽度为：

$$\Delta x_0 = f\cdot\frac{\lambda}{a}$$

- 圆孔衍射
    - 艾里斑
        - 角半径：(R 圆孔的半径，D 直径)

$$\Delta\phi = \phi_1 \approx 0.61\frac{\lambda}{R} = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

        - 线半径：

$$r_0 = f\Delta\phi = 1.22\frac{\lambda f}{D}$$

- 光学仪器的分辨本领
    - 最小分辨角：

$$\theta_0 = \frac{1.22\lambda}{D}$$

- 光学仪器分辨率：

$$\frac{1}{\theta_0}=\frac{D}{1.22\lambda}$$

- 光栅衍射
  - 光栅方程：（d 光栅常数）

$$d\sin\phi=\pm k\lambda \qquad (k=0,1,2,...)$$

  - 缺级现象的缺级次数满足：

$$k=k'\cdot\frac{d}{a} \qquad (k'=1,2,3,...)$$

  - 谱线明纹位置满足：（f 焦距）

$$x=\pm k\frac{f}{d}\lambda, \qquad (k=0,1,2,3,...)$$

- 晶体衍射的布拉格条件：（加强）

$$2d\sin\theta=k\lambda \qquad (k=1,2,3,...)$$

$\S 11.3$ 光的偏振

- 马吕斯定理：（α 全偏振光与偏振化方向的夹角）

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

- 布鲁斯特定律：（i_0 布鲁斯特角）

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

第四章 统计物理学基础

$\S 4.2$ 理想气体

> 物质的量：$\nu=\frac{N}{N_A}=\frac{m}{M}$
> 阿伏伽德罗常数：$N_A=6.02214076\times10^{23}mol^{-1}$
> 质量密度：$\rho=\frac{m}{V}$

> 一个分子气体的质量：m'
> 分子平均动能：$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}m'\bar{v^2}$
> 单位体积分子个数：n

- 质量为 m（单位：g），摩尔质量为 M 的理想气体处在平衡态时的物态方程：

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M}RT = \frac{N}{N_A}RT$$

- 玻尔兹曼常数 (k) 与普适气体常量 (R) 的关系：

$$k = \frac{R}{N_A}$$

- 压强公式：（$m', \bar{\varepsilon}_k, \rho, k$ ）

$$p = \frac{1}{3}nm'\bar{v^2} = \frac{2}{3}n\bar{\varepsilon}_k = \frac{1}{3}\rho\bar{v^2}$$

$$p = \frac{N}{N_A}RT \cdot \frac{1}{V} = nkT$$

- 表明宏观量温度的微观意义的公式：

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2}kT$$

$\S 4.3$ 能量均分定理 理想气体的内能

- 质量 m 的理想气体的内能:（i 自由度）

$$E = \frac{i}{2}\frac{m}{M}RT$$

$\S 4.4$ 统计分布

> $f(v) = \frac{\mathrm{d}N}{N\mathrm{d}v}$ 表示在 v 附近单位速率区间的几率

- 速率分布在 $v_1 \sim v_2$ 区间内的分子数 ΔN 与总分子数 N 的比率为：

$$\frac{\Delta N}{N} = \int_{v_1}^{v_2} f(v)\,\mathrm{d}v$$

- 归一化条件：

$$\int_0^{\infty} f(v)\,\mathrm{d}v = \frac{N}{N} = 1$$

- 最概然速率：（k, R 两种形式）

$$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m'}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \approx 1.41\sqrt{\frac{RT}{M}}$$

- 平均速率：

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m'}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \approx 1.60\sqrt{\frac{RT}{M}}$$

- 方均根速率：

$$\sqrt{\bar{v^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m'}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \approx 1.73\sqrt{\frac{RT}{M}}$$

- 等温气压公式：

$$p(z) = p_0\, e^{\frac{-m'g}{KT}}$$

- 玻尔兹曼密度分布律：（在任意势场 $U(\vec{r})$ 中）

$$n(\vec{r}) = n_0\, e^{\frac{-U(\vec{r})}{KT}}$$

$\S 4.5$ 气体分子的平均自由程

- 平均自由程 $\bar{\lambda}$ 和碰撞频率 $\bar{Z}$ 之间的关系：

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{\bar{Z}}$$

- 平均自由程与分子有效直径 d 以及 n 的关系：

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$$

- 平均自由程与分子有效直径 d 以及 p 的关系：

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$$

- 实际气体的范德瓦尔斯方程：

$$\left[p+\left(\frac{m}{M}\right)\frac{a}{V^2}\right](V-\frac{m}{M}b)=\frac{m}{M}RT$$

第五章 热力学基础

§5.2 热力学第一定律

> $$Q\begin{cases}>0 & \text{吸热}\\<0 & \text{放热}\end{cases}$$

- 在一个有限的准静态过程中，系统的体积由 V_1 变为 V_2，系统对外界所做的总功 A 为：

$$A=\int_{V_1}^{V_2}p\,\mathrm{d}V$$

- 热力学第一定律：

$$\Delta E=E_2-E_1=Q-A\text{ 或 }Q=\Delta E+A$$

- 摩尔热容 C_m 定义：

$$C_m=\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T}$$

- 等体过程，理想气体内能方程：（微分）

$$\mathrm{d}Q_V=\mathrm{d}E=\frac{m}{M}\frac{i}{2}R\,\mathrm{d}T=\frac{m}{M}C_{V,m}\,\mathrm{d}T$$

- 等压过程，理想气体内能方程：

$$Q_p=\Delta E+A_p=\frac{m}{M}(C_{V,m}+R)(T_2-T_1)=\frac{m}{M}C_{p,m}(T2-T1)$$

- 比热容比 γ：

$$\gamma=\frac{C_{p,m}}{C_{V,m}}=\frac{i+2}{i}$$

- 等温过程，气体所做的功可以表示为：

$$A_T=Q_T=\int_{V_1}^{V_2}p\,\mathrm{d}V=\frac{m}{M}RT\int_{V_1}^{V_2}\frac{\mathrm{d}V}{V}=\frac{m}{M}RT\,\ln\frac{V_2}{V_1}=\frac{m}{M}RT\,\ln\frac{p_1}{p_2}$$

- 绝热过程方程：（三种）

$$
\begin{aligned}
TV^{\gamma-1} &= C \\
pV^{\gamma} &= C' \text{（泊松方程）} \\
\frac{p^{\gamma-1}}{T^{\gamma}} &= C''
\end{aligned}
$$

- 理想气体准静态过程小结（物态方程 $pV = \frac{m}{M}RT$ ）

过程	过程方程	系统对外做功A	内能变化ΔE
等体	$pT^{-1} = C$	0	$\frac{m}{M}C_{V,m}(T_2 - T_1)$
等压	$VT^{-1} = C$	$p(V_2 - V_1)$	$\frac{m}{M}C_{V,m}(T_2 - T_1)$
等温	$pT^{=}C$	$\frac{m}{M}RT\ln\frac{V_2}{V_1}$	0
绝热	$TV^{\gamma} = C$	$\frac{1}{\gamma-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$ $= \frac{m}{M}C_{V,m}(T_1 - T_2)$	$\frac{m}{M}C_{V,m}(T_2 - T_1)$
多方	$pV^{n} = C$	$\frac{1}{n-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$ $= \frac{m}{M}\frac{R(T_1-T_2)}{n-1}$	$\frac{m}{M}C_{V,m}(T_2 - T_1)$

> Q_H 高温热源处放热
> Q_L 低温热源处放热

- 正循环热机的效率:

$$
\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_L|}{Q_H}
$$

- 制冷系数:

$$
\varepsilon = \frac{Q_L}{|A|} = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}
$$

- 供暖系数:

$$
e = \frac{Q_H}{|A|} = \frac{|A| + Q_L}{|A|} = 1 + \varepsilon
$$

- **卡诺循环:**
    - 卡诺热机效率:

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

- 逆卡诺循环制冷系数:

$$\varepsilon = \frac{1}{\eta} - 1 = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

第三章 狭义相对论

> $$\beta = \frac{u}{c}, \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$\S 3.1$ 狭义相对论的基本原理和洛伦兹变换

- 洛伦兹坐标变换
  - 正变换

$$x' = \gamma(x - ut), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right)$$

  - 逆变换

$$x = \gamma(x' + ut'), \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \gamma\left(t' + \frac{u}{c^2}x'\right)$$

- 时空坐标间隔的变换式
  - 正变换

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - u\Delta t), \quad \Delta y' = \Delta y, \quad \Delta z' = \Delta z, \quad \Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{u}{c^2}\Delta x\right)$$

  - 逆变换

$$\Delta x = \gamma(\Delta x' + u\Delta t'), \quad \Delta y = \Delta y', \quad \Delta z = \Delta z', \quad \Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{u}{c^2}\Delta x'\right)$$

- 洛伦兹速度变换
  - 正变换

$$v_x' = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2}v_x}, \quad v_y' = \frac{v_y}{\gamma\left(1 - \frac{u}{c^2}v_x\right)}, \quad v_z' = \frac{v_z}{\gamma\left(1 - \frac{u}{c^2}v_x\right)}$$

  - 逆变换

$$v_x=\frac{v_x'+u}{1+\frac{u}{c^2}v_x},\quad v_y=\frac{v_y'}{\gamma\left(1+\frac{u}{c^2}v_x'\right)},\quad v_z'=\frac{v_z}{\gamma\left(1+\frac{u}{c^2}v_x'\right)}$$

§3.3 狭义相对论动力学基础

- 质速关系：

$$m(u)=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}=\gamma m_0$$

- 动量：

$$\boldsymbol{p}=m\boldsymbol{u}=\frac{m_0\boldsymbol{u}}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$$

- 狭义相对论动力学方程：

$$\boldsymbol{F}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{m_0\boldsymbol{u}}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}\right)$$

- 相对论动能公式：

$$E_k=mc^2-m_0c^2$$

- 质能关系：

$$E=mc^2=\gamma m_0c^2$$

- 相对论能量和动量的关系：

$$E^2=E_0^2+(pc)^2$$

第十二章 场的量子性

§12.1 黑体辐射与普朗克量子假设

- 辐射出射度与单色辐射出射度的关系：

$$M(T)=\int_0^\infty M(\lambda,T)\mathrm{d}\lambda$$

- 单色吸收系数(a)与单色反射系数(r)的关系：

$$a(\lambda,T)+r(\lambda,T)=1$$

- 基尔霍夫定律（热辐射定律）：

$$\frac{M(\lambda,T)}{a(\lambda,T)}=M_B(\lambda,T)$$

- 斯特藩-玻尔兹曼定律：

$$M(T)_B=\int_0^{\infty}M_B(\lambda,T)\mathrm{d}\lambda=\sigma T^4$$

斯特藩常量：$\sigma=5.670\times10^{-8}\quad(W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4})$

$\S12.2$ 光电效应与爱因斯坦光子假说

- 爱因斯坦光电方程：

$$E_{km}=\frac{1}{2}mv_m^2=h\nu-A$$

- 光子的能量：

$$E=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$$

- 光子的运动质量：

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

- 光子的动量：

$$p=mc=\frac{h\nu}{c}=\frac{h}{\lambda}$$

$\S12.3$ 康普顿效应

- 康普顿散射公式：（m_e 电子静止质量，φ 入射角与散射角的夹角）

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

$\S 12.4$ 氢原子光谱与玻尔理论

- 巴尔末-里德伯公式：（λ 出射光子波长）

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right) \qquad (n=m+1, m+2, ...)$$

- 类氢原子的能级：（μ 电子折合质量，Z 类氢原子正电荷数）

$$E_n = -\frac{1}{2}\mu\left(\frac{\alpha c Z}{n}\right)^2 = -\frac{Z^2}{n^2}\left(\frac{\alpha^2\mu c^2}{2}\right)$$

- 类氢原子轨道半径：

$$r_n = \frac{n^2}{Z}\left(\frac{\hbar}{\alpha\mu c}\right) = n^2 r_1$$

第十三章 量子力学基本原理

$\S 13.1$ 物质波假说及其实验验证

- 德布罗意关系

$$E = mc^2 = h\nu$$
$$p = mv = \frac{h}{\lambda}$$

- 德布罗意波长
  - 非相对论下：

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2m_0E_k}}$$

  - 相对论下：

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{hc}{\sqrt{E_k^2+2E_km_0c^2}}$$

$\S 13.2$ 不确定性关系

- 坐标和动量的不确定性关系

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

- 能量和时间的不确定性关系

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

$\S 13.3$ 微观粒子状态的描述 —— 波函数

- 三维空间中运动的能量为 E、动量为 p 的自由粒子的波函数为

$$\varPsi(\boldsymbol{r}, t) = \varPsi \exp\left[-\frac{\mathrm{i}}{\hbar}(E t-\boldsymbol{p} \cdot \boldsymbol{r})\right]$$

- 波函数的归一化条件

$$\int|\varPsi|^2 \mathrm{d} V=1$$

$\S 13.4$ 微观粒子状态演化的描述 ———— 薛定谔方程

- 自由粒子的薛定谔方程

$$\mathrm{i} \hbar \frac{\partial}{\partial t} \varPsi(\boldsymbol{r}, t)=-\frac{\hbar^2}{2 m} \Delta \varPsi(\boldsymbol{r}, t)$$

- 含时薛定谔方程

$$\mathrm{i} \hbar \frac{\partial}{\partial t} \varPsi(\boldsymbol{r}, t)=\left[-\frac{\hbar^2}{2 m} \Delta+U(\boldsymbol{r}, t)\right] \varPsi(\boldsymbol{r}, t)$$

  哈密顿算符 $\hat{H} \equiv-\frac{\hbar^2}{2 m} \Delta+U(\boldsymbol{r}, t)$

- 势场中定态的薛定谔方程

$$\mathrm{i} \hbar \frac{\partial}{\partial t} \varPsi(\boldsymbol{r})=\left[-\frac{\hbar^2}{2 m} \Delta+U(\boldsymbol{r})\right] \varPsi(\boldsymbol{r})$$

  - 粒子在定态下的波函数

$$\varPsi(\boldsymbol{r}, t)=\psi(\boldsymbol{r}) \mathrm{e}^{-\mathrm{i} E t / \hbar}$$

$\S 13.5$ 一维势阱

- 粒子在宽度为 L 的一维无限深势阱中的定态波函数

$$\Psi(x,t)=\begin{cases}\sqrt{\frac{2}{L}}\sin\frac{n\pi}{L}x\cdot\mathrm{e}^{-\mathrm{i}Et/\hbar}\quad(n=1,2,3...) & (0<x<L)\\ 0 & (x\leqslant 0,x\geqslant L)\end{cases}$$

$\S 13.6$ 氢原子

- 氢原子的定态薛定谔方程
  - 径向波函数方程

$$\frac{1}{r^2}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(r^2\frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}r}\right)+\left[\frac{2m_e}{\hbar^2}\left(E+\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}\right)-\frac{l(l+1)}{r^2}\right]R=0$$

  - 轨道角动量波函数方程

$$\frac{1}{\sin\theta}\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\theta}\left(\sin\theta\frac{\mathrm{d}\Theta}{\mathrm{d}\theta}\right)+\left[l(l+1)-\frac{m_l^2}{\sin^2\theta}\right]\Theta=0$$

  - 方位角波函数方程

$$\frac{\mathrm{d}^2\Phi}{\mathrm{d}\varphi^2}+m_l^2\mathrm{d}\Phi=0$$

- 氢原子轨道角动量数值

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

- 在外磁场的作用下，角动量在 z 方向投影的取值

$$L_z=m_l\hbar\qquad(m_l=0,\pm1,...,\pm l)$$

- 自旋角动量数值

$$L_s=\sqrt{s(s+1)}\hbar\qquad(s=\frac{1}{2})$$

- 在外磁场的作用下，自旋角动量在 z 方向投影的取值

$$L_{sz}=m_s\hbar\qquad(m_s=\pm\frac{1}{2})$$

- 每个支壳层最多可容纳的电子数：

$$N_l = 2l(l+1) \qquad (l = 0, 1, 2, ..., n)$$

- 每个主壳层最多可容纳的电子数：

$$N_n = 2n^2 \qquad (n = 1, 2, 3...)$$

【大一上学期】

第一章 运动的描述

1. 质点运动的直角坐标描述

$$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}(t) = x(t)\boldsymbol{i} + y(t)\boldsymbol{j} + z(t)\boldsymbol{k}$$
$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k}$$
$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2} = \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}^2z}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{k}$$

2. 质点运动的自然坐标描述

$$s = s(t)$$
$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_t(t)$$
$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_t + \boldsymbol{a}_n = a_t\boldsymbol{e}_t + a_n\boldsymbol{e}_n = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\boldsymbol{e}_n$$

3. 描述质点圆周运动和刚体定轴转动的角量

$$\theta = \theta(t)$$
$$\omega = \frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$$
$$\alpha = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}\theta^2}$$

4. 角量与线量的关系

$$\Delta s = R\Delta\theta$$
$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$
$$a_n = \omega^2 R, \qquad a_t = \alpha R$$

第二章 对称性与守恒定律

1. 质心位矢:

$$\boldsymbol{r}_c=\frac{\sum_i m_i\boldsymbol{r}_i}{m}$$

2. 动量定理
   微分形式:

$$\boldsymbol{F}_{外}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=m\boldsymbol{a}_c$$

   积分形式:

$$\boldsymbol{I}_{外}=\int_{t0}^{t}\boldsymbol{F}\mathrm{d}t$$

3. 功
   变力的功:

$$A=\int_a^b\mathrm{d}A=\int_a^b\boldsymbol{F}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{r}$$

   力矩的功:

$$A=\int_{\theta_0}^{\theta}M\mathrm{d}\theta$$

   功率:

$$P=\boldsymbol{F}\cdot\boldsymbol{v},\qquad P=M\omega$$

4. 动能
   质点动能:

$$E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{p^2}{2m}$$

   定轴刚体动能:

$$E_k=\frac{1}{2}I\omega^2=\frac{L^2}{2I}\qquad\text{(转动动能)}$$

5. 势能

$$\boldsymbol{F}_{\text{保}} = -\left(\frac{\partial E_p}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial E_p}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial E_p}{\partial z}\boldsymbol{k}\right) = -\Delta E_p$$

重力势能：

$$E_p = mgh \qquad (h = 0\text{时，}E_p = 0)$$

弹性势能：

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 \qquad (x = 0\text{时，}E_p = 0)$$

引力势能：

$$E_p = -G\frac{m_1 m_2}{r} \qquad (r = \infty\text{时，}E_p = 0)$$

6. 功能原理

$$A_{\text{外}} + A_{\text{非保内}} = \Delta(E_p + E_k) = \Delta E$$

7. 碰撞恢复系数

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{v20}}$$

8. 转动惯量和转动定理

转动惯量：

$$I = \sum m_i r_i^2 = \int r^2 \mathrm{d}m$$

平行轴定理：

$$I = I_c + md^2$$

转动定律：

$$\boldsymbol{M} = I\boldsymbol{\alpha}$$

9. 角动量和力矩
   质点角动量：

$$\boldsymbol{L}=\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{p}=\boldsymbol{r}\times m\boldsymbol{v}$$

   定轴刚体角动量：

$$L=I\omega$$

10. 角动量定理

$$\boldsymbol{M}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{L}}{\mathrm{d}t}$$

第六章 静电场

1. 库仑定律
   真空中两个点电荷之间的相互作用力：

$$\boldsymbol{F}_{21}=-\boldsymbol{F}_{12}=\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0r^2}\boldsymbol{e}_r$$

2. 电场强度
   定义：

$$\boldsymbol{E}=\frac{\boldsymbol{F}}{q_0}$$

   电场强度通量：

$$\varPhi_e=\int_S\boldsymbol{E}\mathrm{d}S$$

3. 静电场性质
   静电场的高斯定理：

$$\oint_S\boldsymbol{E}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_S q_i$$

   静电场的环路定理：

$$\oint_l \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = 0$$

4. 电势与电势差
   电势差：

$$V_a - V_b = \int_a^b \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$$

   电势：

$$V_P = \int_P^\infty \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$$

   点电荷系电势：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}$$

   电场强度和电势的微分关系：

$$\boldsymbol{E} = -\Delta V$$

   电势能：

$$W_P = q_0 \int_P^{\text{零势点}} \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = q_0 V_P$$

5. 电介质
   电位移矢量：

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E}$$

   介质中的高斯定理：

$$\oint_S \boldsymbol{D} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \sum_S q_0$$

6. 电容器
   电容器电容：

$$C = \frac{Q}{V_A - V_B}$$

7. 静电能
   电容器能量：

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU$$

   电场能量密度：

$$w_e = \frac{1}{2}\boldsymbol{D} \cdot \boldsymbol{E} = \frac{1}{2}\varepsilon E^2$$

   电场能量：

$$W_e = \int_V w_e \mathrm{d}V$$

第七章 恒定磁场

1. 恒定电流
   电流：

$$I = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = \int_S \boldsymbol{j} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$$

   电源电动势：

$$\mathscr{E} = \int_{(-)}^{(+)} \boldsymbol{E}_{\text{非}} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$$

   欧姆定律的微分形式：

$$\boldsymbol{j} = \frac{1}{\rho}\boldsymbol{E} = \gamma\boldsymbol{E}$$

2. 磁场

   毕-萨定律：

$$\text{电流元在空间任意点的磁场：}\mathrm{d}B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{e}_r}{r^2}$$

   运动电荷的磁场：

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{e}_r}{r^2}$$

   磁通量：

$$\Phi = \int_S \boldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$$

3. 典型的恒定电流磁场

   载流直导线在空间任意点的磁场：

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

   无限长载流直导线……：

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

   载流圆环在轴线上任意点的磁场：

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

   载流圆环在圆心处的磁场：

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

   长直载流螺线管在空间的磁场：

$$B_{内}=\mu_0 nI, B_{外}=0$$

载流螺绕环在空间的磁场:

$$B_{内}=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}, B_{外}=0$$

4. 恒定磁场性质
   恒定磁场的高斯定理:

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

恒定磁场的安培环路定理:

$$\oint_L \boldsymbol{B}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}=\mu_0\sum_i \boldsymbol{I}_i$$

5. 洛伦兹力

$$\boldsymbol{F}=q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$$

6. 安培力
   磁场对电流元的作用:

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

磁场对载流导线的作用:

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

磁场对载流线圈的作用(均匀磁场)磁力和磁力矩为:

$$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{m}\times\boldsymbol{B}$$

其中,平面载流线圈磁矩 $\boldsymbol{m}=NIS\boldsymbol{e}_n$

7. 带电粒子在磁场中运动
   (1)运动方程:

$$\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$$

如果在电磁场中：

$$\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=q\boldsymbol{E}+q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$$

(2)带电粒子咋均匀磁场中运动：
速度为 v_0 、与 B 成 θ 角的带电粒子做螺旋运动

$$R=\frac{mv_0\sin\theta}{qB}$$
$$T=\frac{2\pi m}{qB}$$
$$h=\frac{2\pi mv_0\cos\theta}{qB}$$

(3)霍尔效应：
霍尔电压：

$$U_H=k\frac{BI}{d}$$

霍尔系数：

$$k=\frac{1}{qn}$$

8. 磁场中的磁介质
   磁导率：

$$\mu=\mu_0\mu_r$$

9. 磁介质中磁场
   磁场强度：

$$\boldsymbol{H}=\frac{\boldsymbol{B}}{\mu_0}-\boldsymbol{M},\qquad\boldsymbol{M}=\frac{\chi_m}{\mu}\boldsymbol{B}$$

各向同性介质：

$$\chi_m=\mu_r-1,\quad\chi_m>0(\text{顺磁质}),\quad\chi_m<0(\text{抗磁质})$$

磁介质中的安培环路定理：

$$\oint_L \boldsymbol{H} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = \sum I_0$$

第八章 变化的电磁场

1. 法拉第电磁感应定律
   感生电动势：

$$\mathscr{E} = -\frac{\mathrm{d}\varPhi}{\mathrm{d}t}$$

   感应电流：

$$I = \frac{1}{R}\frac{\mathrm{d}\varPhi}{\mathrm{d}t}$$

   感应电荷：

$$q = -\frac{1}{R}\Delta\varPhi$$

2. 动生电动势
   非静电场强：

$$\boldsymbol{E}_{非} = \frac{F}{q} = \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}$$

   动生电动势：

$$\mathscr{E} = \int_L \boldsymbol{E}_{非} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$$

3. 感生电动势
   感生电场的性质：

$$\oint_S = \boldsymbol{E}_{感} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0 \qquad 无源场$$

$$\oint_L = \boldsymbol{E}_{感} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{L} = -\int_S \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} \qquad 有旋场$$

感生电动势：

$$\mathscr{E} = \int_L \boldsymbol{E}_{感} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$$

4. 互感

互感系数：

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

互感电动势：

$$\mathscr{E}_{21} = -M\frac{\mathrm{d}I_1}{\mathrm{d}t}$$

$$\mathscr{E}_{12} = -M\frac{\mathrm{d}I_2}{\mathrm{d}t}$$

5. 自感

（1）自感系数：

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

（2）自感电动势：

$$\mathscr{E}_L = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

（3）自感的串联：

顺接：

$$L = L_1 + L_2 + 2M$$

反接：

$$L = L_1 + L_2 - 2M$$

6. 磁场能量

自感磁能：

$$W_L = \frac{1}{2}LI^2$$

磁场能量密度：

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

磁场能量：

$$W_m = \int_V w_m \mathrm{d}V$$

电磁场能量密度：

$$w = \frac{1}{2}\boldsymbol{D}\cdot\boldsymbol{E} + \frac{1}{2}\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{H}$$

7. 位移电流

位移电流密度：

$$\boldsymbol{j}_d = \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}$$

位移电流：

$$\boldsymbol{I}_d = \frac{\mathrm{d}\,\Psi}{\mathrm{d}t}$$

8. 全电流定理

位移电流激发磁场：

$$\oint_L \boldsymbol{H}_d\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} = \int_S \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$$

全电流定理：

$$\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l} = I_c + \int_S \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$$

9. 麦克斯韦方程组

$$\oint_S \boldsymbol{D} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = \int_V \rho \mathrm{d}V$$

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

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

$$\oint_L \boldsymbol{H} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l} = \int_S \left(\boldsymbol{j}_c + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \right) \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$$