- 第九章 振动学基础
 - 。 §9.1 简谐振动
 - 。 §9.2 简谐运动的合成与分解
 - · §9.3 阻尼振动
- 第十章 波动学基础
 - §10.1 波动的基本概念
 - 。 §10.2 简谐波
 - 。 §10.3 波的能量
 - 。 §10.4 波的干涉
 - §10.6 多普勒效应
- 第十一章 波动光学
 - 。 §11.1 光的干涉
 - 。 §11.2 光的衍射
 - 。 §11.3 光的偏振
- 第四章 统计物理学基础
 - §4.2 理想气体
 - 。 §4.3 能量均分定理 理想气体的内能
 - · §4.4 统计分布
 - 。 §4.5 气体分子的平均自由程
- 第五章 热力学基础
 - 。 §5.2 热力学第一定律
- 第三章 狭义相对论
 - 。 §3.1 狭义相对论的基本原理和洛伦兹变换
 - 。 §3.3 狭义相对论动力学基础
- 第十二章 场的量子性
 - 。 §12.1 黑体辐射与普朗克量子假设
 - 。 §12.2 光电效应与爱因斯坦光子假说
 - 。 §12.3 康普顿效应
 - 。 §12.4 氢原子光谱与玻尔理论
- 第十三章 量子力学基本原理
 - 。 §13.1 物质波假说及其实验验证
 - §13.2 不确定性关系
 - 。 §13.3 微观粒子状态的描述 —— 波函数
 - 。 $\S13.4$ 微观粒子状态演化的描述 ———— 薛定谔方程
 - 。 §13.5 ─维势阱
 - 。 §13.6 氢原子
- 第一章 运动的描述
- 第二章 对称性与守恒定律

- 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

§9.1 **简谐振动**

简谐运动动力学方程: (ω 固有圆频率)

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

• 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:

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

$$arphi = \arctan\left(-rac{v_0}{\omega x_0}
ight)$$

单摆的振动周期: (*l* 单摆长度)

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

• 复摆的振动周期: (1 复摆转动惯量)

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

• 弹簧振子在 t 的总机械能:

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

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

$$ar{E_p}=ar{E_k}=rac{1}{2}E$$

§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:

$$x=2A\cosrac{\omega_2-\omega_1}{2}t\cos\left(rac{\omega_2+\omega_1}{2}t+arphi
ight)$$

。 合振动在单位时间内加强或减弱的次数拍频为:

$$u_{ ext{H}}=rac{1}{T}rac{\omega_2-\omega_1}{2\pi}=
u_2-
u_1$$

§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:

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

。 欠阻尼情况($\beta < \omega_0$), 解为:

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

第十章 波动学基础

$\S10.1$ 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)

$$u=\sqrt{rac{F_T}{
ho_l}}$$

• 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:

$$egin{aligned} y(x,t) &= A\cos\left[\omega\left(t-rac{x}{u}
ight)+arphi
ight] \ &= A\cos\left[\omega t - 2\pirac{x}{\lambda}+arphi
ight] \ &= A\cos\left[2\pi\left(rac{t}{T}-rac{x}{\lambda}
ight)+arphi
ight] \ &= A\cos\left[rac{2\pi}{\lambda}(ut-x)+arphi
ight] \end{aligned}$$

§10.3 波的能量

• 波的能量密度:

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

• 波的平均能量密度:

$$ar{w}=rac{1}{2}
ho\omega^2A^2$$

• 通过 ΔS 面积波的平均能流:

$$ar{P} = ar{w}\Delta S u = rac{1}{2}
ho\omega^2 A^2 \Delta S u$$

• 波的平均能流密度(波的强度):

$$I=rac{ar{P}}{\Delta S}=ar{w}u=ar{w}\Delta Su=rac{1}{2}
ho\omega^2A^2u$$

$\S 10.4$ 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: $(\nu_S$ 波源频率)

$$u_R = rac{u + v_R}{u - v_S}
u_S$$

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:

$$\Delta arphi_l = 2\pi rac{l}{\lambda_n} = 2\pi rac{nl}{\lambda}$$

- 杨氏双缝干涉
 - 。明纹中心位置

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

。 暗纹中心位置

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

• 波列的相干长度:

$$L_0 = \delta_{max} = rac{c}{\Delta
u} = rac{\lambda^2}{\Delta \lambda}$$

- 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:

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

。 暗纹中心满足的光程差条件:

$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + rac{\lambda}{2} = ~~(2k+1)~~rac{\lambda}{2} ~~(k=0,1,2,...)$$

- 等厚干涉
 - 。劈尖
 - 相邻两明纹中心位置对应的厚度差:

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

相邻两明纹中心间的间距: (θ 两面夹角)

$$\Delta l = rac{\Delta e}{\sin heta} pprox rac{\Delta e}{ heta} = rac{\lambda}{2 heta}$$

- 。牛顿环
 - 明纹半径: (R 曲率半径)

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

■ 暗纹半径:

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

- 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:

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

。 暗纹中心位置的光程差:

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

§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)

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

■ 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:

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

■ 线宽度为:

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

- 第 k 级明纹
 - 角宽度为:

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

■ 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)

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

线半径:

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

- 光学仪器的分辨本领
 - 。 最小分辨角:

$$heta_0 = rac{1.22 \lambda}{D}$$

。 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)

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

。 缺级现象的缺级次数满足:

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

。 谱线明纹位置满足: (*f* 焦距)

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

• 晶体衍射的布拉格条件: (加强)

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

§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)

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

布鲁斯特定律: (i₀ 布鲁斯特角)

$$an i_0 = rac{n_2}{n_1}$$

第四章 统计物理学基础

§4.2 **理想气体**

物质的量: $u = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$

阿伏伽德罗常数: $N_A=6.02214076 imes10^{23} mol^{-1}$

质量密度: $ho = \frac{m}{V}$

一个分子气体的质量: m' 分子平均动能: $\bar{\varepsilon} = \frac{1}{2}m'\bar{v^2}$

• 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:

$$pV =
u RT = rac{m}{M}RT = rac{N}{N_A}RT$$

• 玻尔兹曼常数 (k) 与普适气体常量 (R) 的关系:

$$k = rac{R}{N_A}$$

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

$$p=rac{1}{3}nm'ar{v^2}=rac{2}{3}nar{arepsilon}_k=rac{1}{3}
hoar{v^2}$$
 $p=rac{N}{N_A}RT\cdotrac{1}{V}=nkT$

表明宏观量温度的微观意义的公式:

$$ar{arepsilon}_k = rac{3}{2}kT$$

§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)

$$E = rac{i}{2}rac{m}{M}RT$$

§4.4 **统计分布**

 $f(v) = rac{\mathrm{d}N}{N\mathrm{d}v}$ 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:

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

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)

$$v_p = \sqrt{rac{2kT}{m'}} = \sqrt{rac{2RT}{M}} pprox 1.41 \sqrt{rac{RT}{M}}$$

• 平均速率:

$$ar{v} = \sqrt{rac{8kT}{\pi m'}} = \sqrt{rac{8RT}{\pi M}} pprox 1.60 \sqrt{rac{RT}{M}}$$

• 方均根速率:

$$\sqrt{ar{v^2}} = \sqrt{rac{3kT}{m'}} = \sqrt{rac{3RT}{M}} pprox 1.73 \sqrt{rac{RT}{M}}$$

• 等温气压公式:

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

• 玻尔兹曼密度分布律: (在任意势场 $U(\vec{r})$ 中)

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

$\S4.5$ 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:

$$ar{\lambda} = rac{ar{v}}{ar{Z}}$$

• 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:

$$ar{\lambda} = rac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 p}$$

• 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

$\S 5.2$ 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:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = Q - A$$
 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)

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

• 等压过程, 理想气体内能方程:

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

比热容比 γ:

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

• 等温过程, 气体所做的功可以表示为:

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

• 绝热过程方程: (三种)

$$TV^{\gamma-1}=C$$
 $pV^{\gamma}=C'$ (泊松方程) $rac{p^{\gamma-1}}{T^{\gamma}}=C''$

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

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

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

• 制冷系数:

$$arepsilon = rac{Q_L}{|A|} = rac{Q_L}{|Q_H| - Q_L}$$

• 供暖系数:

$$e=rac{Q_H}{|A|}=rac{|A|+Q_L}{|A|}=1+arepsilon$$

- 卡诺循环:
 - 。 卡诺热机效率:

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

。 逆卡诺循环制冷系数:

$$arepsilon = rac{1}{\eta} - 1 = rac{T_L}{T_H - T_L}$$

第三章 狭义相对论

$$eta=rac{u}{c}, \qquad \gamma=rac{1}{\sqrt{1-rac{u^2}{c^2}}}=rac{1}{\sqrt{1-eta^2}}$$

§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

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

。逆变换

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

- 时空坐标间隔的变换式
 - 。 正变换

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

。逆变换

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

- 洛伦兹速度变换
 - 。正变换

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

。逆变换

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

§3.3 狭义相对论动力学基础

• 质速关系:

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

• 动量:

$$oldsymbol{p} = moldsymbol{u} = rac{m_0oldsymbol{u}}{\sqrt{1-rac{u^2}{c^2}}}$$

• 狭义相对论动力学方程:

$$m{F} = rac{\mathrm{d}m{p}}{\mathrm{d}t} = rac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \left(rac{m_0m{u}}{\sqrt{1-rac{u^2}{c^2}}}
ight)$$

• 相对论动能公式:

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

• 质能关系:

$$E = mc^2 = \gamma m_0 c^2$$

• 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):

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

• 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: $\sigma = 5.670 \times 10^{-8}$ $(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4})$

§12.2 光电效应与爱因斯坦光子假说

• 爱因斯坦光电方程:

$$E_{km}=rac{1}{2}mv_m^2=h
u-A$$

• 光子的能量:

$$E = h
u = rac{hc}{\lambda}$$

• 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:

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

§12.3 **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)

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

§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)

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

• 类氢原子的能级: (μ 电子折合质量, Z 类氢原子正电荷数)

$$E_n = -rac{1}{2}\mu\left(rac{lpha cZ}{n}
ight)^2 = -rac{Z^2}{n^2}\left(rac{lpha^2\mu c^2}{2}
ight)$$

• 类氢原子轨道半径:

$$r_n = rac{n^2}{Z} \left(rac{\hbar}{lpha \mu c}
ight) = n^2 r_1$$

第十三章 量子力学基本原理

§13.1 物质波假说及其实验验证

• 德布罗意关系

$$E=mc^2=h
u \ p=mv=rac{h}{\lambda}$$

- 德布罗意波长
 - 。 非相对论下:

$$\lambda = rac{h}{p} = rac{h}{mv} = rac{h}{\sqrt{2m_0 E_k}}$$

。 相对论下:

$$\lambda = rac{h}{p} = rac{h}{mv} = rac{hc}{\sqrt{E_{k}^2 + 2E_{k}m_{0}c^2}}$$

$\S 13.2$ 不确定性关系

• 坐标和动量的不确定性关系

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

• 能量和时间的不确定性关系

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

$\S13.3$ 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

$$arPsi (m{r},t) = arPsi \exp \left[-rac{\mathrm{i}}{\hbar} (Et - m{p} \cdot m{r})
ight]$$

• 波函数的归一化条件

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

§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

$$\mathrm{i}\hbarrac{\partial}{\partial t}arPsi(m{r},t) = -rac{\hbar^2}{2m}\DeltaarPsi(m{r},t)$$

• 含时薛定谔方程

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

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

• 势场中定态的薛定谔方程

$$\mathrm{i}\hbarrac{\partial}{\partial t}arPsi(m{r}) = \left[-rac{\hbar^2}{2m}\Delta + U(m{r})
ight]arPsi(m{r})$$

。 粒子在定态下的波函数

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

§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

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

$\S13.6$ 氢原子

- 氢原子的定态薛定谔方程
 - 。 径向波函数方程

$$rac{1}{r^2}rac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(r^2rac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}r}
ight)+\left[rac{2m_e}{\hbar^2}\left(E+rac{e^2}{4\piarepsilon_0r}
ight)-rac{l(l+1)}{r^2}
ight]R=0$$

。 轨道角动量波函数方程

$$rac{1}{\sin heta}rac{\mathrm{d}}{\mathrm{d} heta}\left(\sin hetarac{\mathrm{d}\, heta}{\mathrm{d} heta}
ight)+\left[l(l+1)-rac{m_l^2}{\sin^2 heta}
ight]\, heta=0$$

。 方位角波函数方程

$$rac{\mathrm{d}^2 arPhi}{\mathrm{d}arphi^2} + m_l^2 \mathrm{d}arPhi = 0$$

• 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

$$L_z=m_l\hbar \qquad (m_l=0,\pm 1,...,\pm l)$$

• 自旋角动量数值

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

• 在外磁场的作用下, 自旋角动量在 z 方向投影的取值

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

• 每个支壳层最多可容纳的电子数:

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

• 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

$$egin{aligned} oldsymbol{r} &= oldsymbol{r}(t) = x(t)oldsymbol{i} + y(t)oldsymbol{j} + z(t)oldsymbol{k} \ oldsymbol{v} &= rac{\mathrm{d}oldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = rac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}oldsymbol{i} + rac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}oldsymbol{j} + rac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}oldsymbol{k} \ oldsymbol{a} &= rac{\mathrm{d}^2oldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2} = rac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}oldsymbol{i} + rac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}oldsymbol{j} + rac{\mathrm{d}^2z}{\mathrm{d}t^2}oldsymbol{k} \end{aligned}$$

2. 质点运动的自然坐标描述

$$egin{align} s &= s(t) \ oldsymbol{v} &= rac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} oldsymbol{e}_t(t) \ oldsymbol{a} &= oldsymbol{a}_t + oldsymbol{a}_n = a_t oldsymbol{e}_t + a_n oldsymbol{e}_n = rac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} oldsymbol{e}_t + rac{v^2}{
ho} oldsymbol{e}_n \end{aligned}$$

3. 描述质点圆周运动和刚体定轴转动的角量

$$\theta = \theta(t)$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{d\theta^2}$$

4. 角量与线量的关系

$$egin{aligned} \Delta s &= R \Delta heta \ oldsymbol{v} &= oldsymbol{\omega} imes oldsymbol{r} \ a_n &= \omega^2 R, \qquad a_t = lpha R \end{aligned}$$

第二章 对称性与守恒定律

1. 质心位矢:

$$m{r}_c = rac{\sum_i m_i m{r}_i}{m}$$

2. 动量定理 微分形式:

$$oldsymbol{F}_{rac{\partial oldsymbol{p}}{\partial t}} = rac{\mathrm{d}oldsymbol{p}}{\mathrm{d}t} = moldsymbol{a}_c$$

积分形式:

$$oldsymbol{I}_{oldsymbol{eta}ar{oldsymbol{f}}} = \int_{t0}^{t} oldsymbol{F} \mathrm{d}t$$

3. 功 变力的功:

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

力矩的功:

$$A=\int_{ heta_0}^{ heta}M\mathrm{d} heta$$

功率:

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

4. 动能

质点动能:

$$E_k=rac{1}{2}mv^2=rac{p^2}{2m}$$

定轴刚体动能:

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

5. 势能

$$m{F}_{m{arphi}} = -\left(rac{\partial E_p}{\partial x}m{i} + rac{\partial E_p}{\partial y}m{j} + rac{\partial E_p}{\partial z}m{k}
ight) = -\Delta E_p$$

重力势能:

$$E_p=mgh$$
 $(h=0$ 时, $E_p=0)$

弹性势能:

$$E_p=rac{1}{2}kx^2$$
 $(x=0$ 时, $E_p=0)$

引力势能:

$$E_p = -Grac{m_1m_2}{r}$$
 $(r=\infty$ 时, $E_p=0)$

6. 功能原理

$$A$$
外 $+A$ 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:

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

平行轴定理:

$$I = I_c + md^2$$

转动定律:

$$M = I\alpha$$

9. 角动量和力矩 质点角动量:

$$oldsymbol{L} = oldsymbol{r} imes oldsymbol{p} = oldsymbol{r} imes m oldsymbol{v}$$

定轴刚体角动量:

$$L=I\omega$$

10. 角动量定理

$$m{M} = rac{\mathrm{d} m{L}}{\mathrm{d} t}$$

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:

$$oldsymbol{F}_{21} = -oldsymbol{F}_{12} = rac{q_1q_2}{4\piarepsilon_0 r^2}oldsymbol{e}_r$$

2. 电场强度 定义:

$$oldsymbol{E}=rac{oldsymbol{F}}{q_0}$$

电场强度通量:

$$arPhi_e = \int_S oldsymbol{E} \mathrm{d}S$$

3. 静电场性质 静电场的高斯定理:

$$\oint_S oldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S} = rac{1}{arepsilon_0} \sum_S q_i$$

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:

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

电势:

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

点电荷系电势:

$$V = \sum_{i=1}^n rac{q_i}{4\piarepsilon_0 r_i}$$

电场强度和电势的微分关系:

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

电势能:

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

5. 电介质

电位移矢量:

$$oldsymbol{D} = arepsilon oldsymbol{E}$$

介质中的高斯定理:

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

6. 电容器

电容器电容:

$$C = rac{Q}{V_A - V_B}$$

7. 静电能

电容器能量:

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

电场能量密度:

$$w_e = rac{1}{2}m{D}\cdotm{E} = rac{1}{2}arepsilon E^2$$

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:

$$I = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = \int_{S} m{j} \cdot \mathrm{d}m{S}$$

电源电动势:

欧姆定律的微分形式:

$$oldsymbol{j} = rac{1}{
ho} oldsymbol{E} = \gamma oldsymbol{E}$$

2. 磁场

毕-萨定律:

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

运动电荷的磁场:

$$oldsymbol{B} = rac{\mu_0}{4\pi} rac{qoldsymbol{v} imes oldsymbol{e}_r}{r^2}$$

磁通量:

$$oldsymbol{arPhi} = \int_S oldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S}$$

4. 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.....:

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

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:

$$B_{
eta} = \mu_0 nI, B_{
eta} = 0$$

载流螺绕环在空间的磁场:

$$B_{raket{N}}=rac{\mu_0NI}{2\pi r}, B_{raket{N}}=0$$

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:

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

5. 洛伦兹力

$$oldsymbol{F} = qoldsymbol{v} imes oldsymbol{B}$$

6. 安培力

磁场对电流元的作用:

$$\mathrm{d} m{F} = I \mathrm{d} m{l} imes m{B}$$

磁场对载流导线的作用:

$$m{F} = \int_L I \mathrm{d}m{l} imes m{B}$$

磁场对载流线圈的作用(均匀磁场)磁力和磁力矩为:

$$oldsymbol{M} = oldsymbol{m} imes oldsymbol{B}$$

其中,平面载流线圈磁矩 $oldsymbol{m} = NISoldsymbol{e}_n$

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:

$$rac{\mathrm{d}oldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=qoldsymbol{E}+qoldsymbol{v} imesoldsymbol{B}$$

(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

$$R=rac{mv_0\sin heta}{qB} \ T=rac{2\pi m}{qB} \ h=rac{2\pi mv_0\cos heta}{qB}$$

(3)霍尔效应:

霍尔电压:

$$U_{H}=krac{BI}{d}$$

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:

$$oldsymbol{H} = rac{oldsymbol{B}}{\mu_0} - oldsymbol{M}, \qquad oldsymbol{M} = rac{\chi_m}{\mu} oldsymbol{B}$$

各向同性介质:

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

磁介质中的安培环路定理:

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

第八章 变化的电磁场

1. 法拉第电磁感应定律 感生电动势:

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

感应电流:

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

感应电荷:

$$q=-rac{1}{R}\Delta arPhi$$

2. 动生电动势 非静电场强:

$$oldsymbol{E}_{\sharp \sharp} = rac{F}{q} = oldsymbol{v} imes oldsymbol{B}$$

动生电动势:

$$\mathscr{E} = \int_L oldsymbol{E}_{\sharp \sharp} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{l}$$

3. 感生电动势 感生电场的性质:

$$\oint_{S} = \boldsymbol{E}_{\bar{\mathbb{B}}} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} = 0$$
 无源场

$$\oint_L = m{E}_{ar{\otimes}} \cdot \mathrm{d}m{L} = -\int_S rac{\partial m{B}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}m{S}$$
 有旋场

感生电动势:

4. 互感

互感系数:

$$M = rac{arPhi_{21}}{I_1} = rac{arPhi_{12}}{I_2}$$

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:

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

(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:

$$W_L=rac{1}{2}LI^2$$

磁场能量密度:

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

磁场能量:

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

电磁场能量密度:

$$w = rac{1}{2}oldsymbol{D}\cdotoldsymbol{E} + rac{1}{2}oldsymbol{B}\cdotoldsymbol{H}$$

7. 位移电流

位移电流密度:

$$oldsymbol{j}_d = rac{\partial oldsymbol{D}}{\partial t}$$

位移电流:

$$oldsymbol{I}_d = rac{\mathrm{d} arPsi}{\mathrm{d} t}$$

8. 全电流定理

位移电流激发磁场:

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

全电流定理:

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

9. 麦克斯韦方程组

$$egin{aligned} \oint_{S} oldsymbol{D} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S} &= \int_{V}
ho \mathrm{d}V \ &\oint_{S} oldsymbol{B} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S} &= 0 \ &\oint_{L} oldsymbol{E} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{l} &= -\int_{S} rac{\partial oldsymbol{B}}{\partial t} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S} \ &\oint_{L} oldsymbol{H} \cdot \mathrm{d}oldsymbol{l} &= \int_{S} \left(oldsymbol{j}_{c} + rac{\partial oldsymbol{D}}{\partial t}
ight) \cdot \mathrm{d}oldsymbol{S} \end{aligned}$$