1 平动与圆周运动

1.1 平动

- 位矢：$\overrightarrow{r} = \overrightarrow{r}(t) = x(t)\overrightarrow{i} + y(t)\overrightarrow{j} + z(t)\overrightarrow{k}$
- 位移：$\Delta\overrightarrow{r} = \overrightarrow{r}(t+\Delta t) - \overrightarrow{r}(t) = \Delta x\overrightarrow{i} + \Delta y\overrightarrow{j} + \Delta z\overrightarrow{k}$
- 关系：$|\Delta\overrightarrow{r}| \neq \Delta r \quad |\Delta\overrightarrow{r}| \neq \Delta s \quad |d\overrightarrow{r}| = ds$
- 速度：$\overrightarrow{v} = \lim_{\Delta t\to 0}\Delta\overrightarrow{r}/\Delta t = d\overrightarrow{r}/dt = dx/dt\overrightarrow{i} + dy/dt\overrightarrow{j} + dz/dt\overrightarrow{k}$
- 加速度：$\overrightarrow{a} = d\overrightarrow{v}/dt = d^2\overrightarrow{r}/dt^2 = d^2x/dt^2\overrightarrow{i} + d^2y/dt^2\overrightarrow{j} + d^2z/dt^2\overrightarrow{k}$

1.2 圆周运动

- 角速度：$\omega = d\theta/dt$
- 角加速度：$\alpha = d\omega/dt = d^2\theta/dt^2$
- 线加速度：$\overrightarrow{a} = \overrightarrow{a}_n + \overrightarrow{a}_t$
- 法向加速度：$a_n = v^2/R = R\omega^2$ (指向圆心)
- 切向加速度：$a_t = dv/dt = R\alpha$ (沿切线方向)
- 线速率：$v = R\omega$
- 弧长：$s = R\theta$
- 伽利略速度变换：$\overrightarrow{v}_{AB} = \overrightarrow{v}_{AC} + \overrightarrow{v}_{CB}$

2 牛顿运动定律与惯性力

2.1 牛顿运动定律

- $\overrightarrow{F} = d\overrightarrow{p}/dt$，$\overrightarrow{p} = m\overrightarrow{v}$
- m为常量时，$\overrightarrow{F} = md\overrightarrow{v}/dt = m\overrightarrow{a}$
- 重力：$\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{g}$
- 弹簧力：$\overrightarrow{F} = -k\overrightarrow{x}$
- 摩擦力：滑动摩擦 $f = \mu N$，静摩擦 $f <= \mu_s N$

2.2 惯性力

- 平动加速参照系：$\overrightarrow{F}_i = -m\overrightarrow{a}_0$
- 转动参照系：$\overrightarrow{F}_i = m\omega^2\overrightarrow{r}$

3 动量与能量

3.1 动量与冲量

- 动量：$\overrightarrow{p} = m\overrightarrow{v}$
- 冲量：$\overrightarrow{I} = \int_{t_1}^{t_2} \overrightarrow{F} dt$
- 动量定理：$d\overrightarrow{p} = \int_{t_1}^{t_2} \overrightarrow{F} dt$，$\overrightarrow{p} - \overrightarrow{p}_0 = \int_{t_1}^{t_2} \overrightarrow{F} dt$
- 动量守恒定律：若$\overrightarrow{F}_{外力} = \sum_i \overrightarrow{F}_i = 0$，则$\overrightarrow{p} = \sum_i \overrightarrow{p}_i$为常矢量

3.2 功与能

- 功：$dW = \overrightarrow{F} \cdot d\overrightarrow{r}$，$W_{AB} = \int_A^B \overrightarrow{F} \cdot d\overrightarrow{r}$
- 一般形式：$W_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} F_x dx + \int_{y_A}^{y_B} F_y dy + \int_{z_A}^{z_B} F_z dz$
- 动能：$E_k = (1/2)mv^2$
- 动能定理：
  - 质点：$W_{AB} = (1/2)mv_B^2 - (1/2)mv_A^2$
  - 质点系：$W_{外力} + W_{内力} = E_k - E_{k0}$
- 保守力：做功与路径无关的力
- 保守内力的功：$W_{保守内力} = -(E_{p_a} - E_{p_b}) = -\Delta E_p$
- 功能原理：$W_{外力} + W_{非保守内力} = \Delta E_k + \Delta E_p$
- 机械能守恒：若$W_{外力} + W_{非保守内力} = 0$，则$E_k + E_p = E_{k0} + E_{p0}$

4 角动量与刚体转动

4.1 角动量与力矩

- 力矩：$\overrightarrow{M} = \overrightarrow{r} \times \overrightarrow{F}$
- 角动量：$\overrightarrow{L} = \overrightarrow{r} \times \overrightarrow{p} = m\overrightarrow{r} \times \overrightarrow{v}$
- 角动量定理：$\overrightarrow{M}_{外力} = d\overrightarrow{L}/dt$
- 角动量守恒：若$\overrightarrow{M}_{外力} = \sum \overrightarrow{M}_{外力} = 0$，则$\overrightarrow{L} = \sum \overrightarrow{L}_i$为常矢量

4.2 转动惯量与刚体转动

- 转动惯量：
  - 离散系统：$J = \sum m_i r_i^2$
  - 连续系统：$J = \int r^2 dm$
- 平行轴定理：$J = J_C + md^2$
- 刚体定轴转动：
  - 角动量：$L = J\omega$
  - 转动定律：$M = J\alpha = dL/dt$
  - 角动量定理：$\int_{t_1}^{t_2} Mdt = L - L_0$
  - 力矩的功：$W = \int Md\theta$
  - 功率：$P = dW/dt = M\omega$
  - 转动动能：$E_k = (1/2)J\omega^2$
  - 动能定理：$\int_{\theta_0}^{\theta} Md\theta = (1/2)J\omega^2 - (1/2)J\omega_0^2$

5 静电场

5.1 基本定律

- 库仑定律：$\overrightarrow{F} = (1/4\pi\epsilon_0)q_1q_2/r^2\overrightarrow{e}_r$
- 场强：$\overrightarrow{E} = \sum_i \overrightarrow{E}_i = \int dq/(4\pi\epsilon_0 r^2)\overrightarrow{e}_r$
- 高斯定理：$\oiint_S \overrightarrow{E} \cdot d\overrightarrow{S} = (1/\epsilon_0)\sum q_i$
- 环路定理：$\oint_L \overrightarrow{E} \cdot d\overrightarrow{l} = 0$

5.2 电势与导体

- 电势：$V_p = \int_p^\infty \overrightarrow{E} \cdot d\overrightarrow{l}$
- 带电体电势：$V = \sum V_i = \int dq/(4\pi\epsilon_0 r)$
- 导体静电平衡：
  - 电场：导体内$\overrightarrow{E} = 0$，表面$\overrightarrow{E}$垂直表面
  - 电势：导体是等势体，表面是等势面
  - 电荷：分布在表面，空腔内有电荷时内表面有等量异种电荷
- 电介质高斯定理：$\oiint_S \overrightarrow{D} \cdot d\overrightarrow{S} = \sum q_i$

6 磁场

6.1 基本定律

- 毕奥-萨伐尔定律：$d\overrightarrow{B} = \mu_0 I d\overrightarrow{l} \times \overrightarrow{e}_r / (4\pi r^2)$
- 磁场高斯定理：$\oiint_S \overrightarrow{B} \cdot d\overrightarrow{S} = 0$
- 安培环路定理：$\oint \overrightarrow{B} \cdot d\overrightarrow{l} = \mu_0 \sum I_i$

6.2 典型磁场

- 载流长直导线：$B = \mu_0 I(\cos\theta_1 - cos\theta_2)/(4\pi r)$
- 无限长直导线：$B = \mu_0 I/2\pi r$
- 长直螺线管：$B = \mu_0 n I(\cos\theta_1 - cos\theta_2)/2$
- 无限长螺线管：$B = \mu_0 n I$

6.3 磁力与磁介质

- 洛仑兹力：$\overrightarrow{F} = q\overrightarrow{v} \times \overrightarrow{B}$
- 安培力：$d\overrightarrow{F} = I d\overrightarrow{l} \times \overrightarrow{B}$
- 磁介质：
  - 高斯定理：$\oiint_S \overrightarrow{B} \cdot d\overrightarrow{S} = 0$
  - 环路定理：$\oint_L \overrightarrow{H} \cdot d\overrightarrow{l} = \sum I_i$
  - 本构关系：$\overrightarrow{B} = \mu_r \mu_0 \overrightarrow{H} = \mu \overrightarrow{H}$

7 电磁感应

- 法拉第定律：$\varepsilon = -d\Phi/dt$
- 动生电动势：$\varepsilon = \int (\overrightarrow{v} \times \overrightarrow{B}) \cdot d\overrightarrow{l}$
- 感生电动势：$\varepsilon = \oint \overrightarrow{E}_k \cdot d\overrightarrow{l} = -\iint_S \partial\overrightarrow{B}/\partial t \cdot d\overrightarrow{S}$
- 自感：$\Phi = LI$，$\varepsilon_L = -LdI/dt$
- 自感磁能：$W_m = (1/2)LI^2$
- 互感：$\Phi_2 = MI_1$，$\varepsilon_2 = -MdI_1/dt$
- 磁能密度：$w_m = (1/2)B^2/\mu = (1/2)\mu H^2 = (1/2)BH$