



中原工学院

Zhongyuan University of Technology

稳恒磁场

内容要求

任课教师 曾灏宪

中原工学院 理学院

一 电流 电流密度 (矢量)

$$\left. \begin{array}{l} \text{电流强度} \quad I = \frac{dq}{dt} = en v_d S \\ \text{电流密度} \quad j = \frac{dI}{dS \cos \alpha} = en v_d \end{array} \right\} I = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

I 单位: 1A 1mA = 10^{-3} A

二 电源流 电动势

- **电源**：提供非静电力的装置.
- **电动势的定义**：单位正电荷绕闭合回路运动一周，非静电力所做的功.

$$\varepsilon = \oint_l \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = \int_{\text{内}} \vec{E}_k \cdot d\vec{l}$$

三 电流激发磁场

1. 电流元的磁场

毕奥—萨伐尔定律
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

2. 载流导线的磁场

磁感强度叠加原理
$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

(注意熟记几种特殊形状载流导线的磁场)

3. 运动电荷的磁场

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$$

四 反映磁场性质的两条基本定理

磁场的高斯定理

$$\Phi_m = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad \text{无源场}$$

安培环路定理

$$\oint_l \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_i \quad \text{有旋场}$$

磁场的高斯定理和安培环路定理反映了磁场是无源有旋（非保守）场。

五 磁场对运动电荷、电流的作用

1. 磁场对运动电荷的作用力 —— 洛伦兹力

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

2. 磁场对载流导线的作用力 —— 安培力

电流元受到的安培力
$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

载流导线受到的安培力
$$\vec{F} = \int d\vec{F} = \int I d\vec{l} \times \vec{B}$$

3. 磁场对平面载流线圈的作用

载流线圈的磁矩
$$\vec{m} = N I S$$

平面载流线圈在均匀磁场中受到的磁力矩

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

几种典型稳恒电流的磁场公式：

① 有限长载流直导线 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$

无限长载流直导线 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

② 载流圆线圈轴线上 $B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$ 圆心处 $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

圆弧电流圆心处磁场： $B_o = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} l$

③ 载流螺线管轴线上 $B = \frac{\mu_0 n I}{2} (\cos \beta_1 - \cos \beta_2)$

无限长螺线管内部 $B = \mu_0 n I$

半无限长载流直螺线管端点: $B = \frac{1}{2} \mu_0 n I$

④ 载流细螺绕环 $B_{\text{内}} = \mu_0 n I$ $B_{\text{外}} = 0$

⑤ 无限大载流平板 $B = \frac{\mu_0 j}{2}$

重点内容

1. 磁感应强度的计算

(两种方法：毕奥-萨伐尔定律和安培环路定理)

2. 要求记住的磁感应强度的公式

- ① 有限长直导线、无限长直导线、圆电流的圆心、一段弧的圆心、无限长螺线管内部；
- ② 会利用上述五个公式计算各种形状载流导线周围某些点的磁场

3. 磁通量的计算

4. 洛伦兹力和安培力，运动电荷在匀强磁场中做圆周运动的半径和周期公式

5. 匀强磁场中磁矩和磁力矩的计算