

# 本章提要

## 一、基本概念

磁场和电场一样,是一种特殊形态的物质.其物质性一方面体现在它对载流导线和运动电荷的作用力,以及载流导线在磁场中运动时磁场力对导线做功;另一方面体现在磁场具有能量、动量和电磁质量等物质的基本属性.

1. 载流线圈的磁矩

$$\boldsymbol{P}_m = IS\boldsymbol{n}$$

$\boldsymbol{n}$  为线圈法线方向单位矢量,它与电流方向成右手螺旋关系.

2. 磁感应强度大小

$$B = \frac{M_{\max}}{P_m}$$

方向与该点处试验线圈在稳定平衡位置时线圈磁矩的方向相同.

3. 磁通量  $\Phi_m = \int_S \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{S}$

## 二、基本实验定律

1. 毕奥-萨伐尔定律

$$d\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{4\pi r^3}$$

运动电荷的磁场

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

2. 磁感应强度叠加原理

$$\boldsymbol{B} = \int_L d\boldsymbol{B} = \int_L \frac{\mu_0 I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{r}}{4\pi r^3}$$

3. 安培定律  $d\boldsymbol{F} = I d\boldsymbol{l} \times \boldsymbol{B}$

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

载流线圈受的磁力矩

$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{P}_m \times \boldsymbol{B}$$

4. 磁力的功  $W = \int_{\Phi_{m1}}^{\Phi_{m2}} I d\Phi_m$

5. 磁矩与磁场的相互作用能

$$W_m = -\boldsymbol{P}_m \cdot \boldsymbol{B}$$

## 三、稳恒磁场的基本性质

1. “高斯定理”

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

2. 安培环路定理

$$\oint_L \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \sum I_i$$

几种典型电流的磁场:

- a. 无限长的载流直导线的磁场大小

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

- b. 圆环电流在圆心的磁场大小

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

- c. 无限长的直螺线管内部磁场大小

$$B = \mu_0 nI$$

## 四、磁场中的带电粒子的运动

1. 洛伦兹力  $\boldsymbol{f} = q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}$

2. 均匀磁场中带电粒子的回转运动

回转半径  $R = \frac{m\boldsymbol{v}}{qB}$

周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$

3. 霍耳电势差  $U_H = R_H \frac{IB}{d}$

## 五、磁介质

1. 三类磁介质

- a. 顺磁质 ——  $\boldsymbol{B}'$  与  $\boldsymbol{B}_0$  同方向,  $\mu_r > 1, B > B_0$

- b. 抗磁质 ——  $\boldsymbol{B}'$  与  $\boldsymbol{B}_0$  反方向,  $\mu_r < 1, B < B_0$

- c. 铁磁质 ——  $\boldsymbol{B}'$  与  $\boldsymbol{B}_0$  同方向,  $\mu_r \gg 1, B \gg B_0$

2. 磁化强度:  $\boldsymbol{M} = \frac{\sum \boldsymbol{P}_{mi}}{\Delta V}$  或  $\boldsymbol{M} = \frac{\sum \Delta \boldsymbol{P}_{mi}}{\Delta V}$

3. 磁化强度与磁化电流的关系

$$\boldsymbol{J}_s = \boldsymbol{M} \times \boldsymbol{n}_0$$

$\boldsymbol{n}_0$  为介质表面法线方向单位矢量

$$I_s = \oint_L \boldsymbol{M} \cdot d\boldsymbol{l}$$

## 六、有磁介质时的安培环路定理

磁场强度  $\boldsymbol{H} = \frac{\boldsymbol{B}}{\mu_0} - \boldsymbol{M}$

安培环路定理  $\oint_L \boldsymbol{H} \cdot d\boldsymbol{l} = \sum I_i$

对各向同性的磁介质  $\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H}$