

第八章 稳恒磁场

一、真空中磁场及其性质

电流（运动电荷）  磁场

高斯定理 $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$ 无源场

安培环路定理 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_i I_{i\text{内}}$ 有旋场

二、求磁感应强度

1. 毕奥---萨伐尔定律

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}$$

2. 利用安培环路定理求磁感应强度

⇒ 电流分布有高度对称性

三、带电粒子在均匀场中的运动

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

磁力(洛仑兹力)只改变粒子的速度方向，而不改变速度的大小。

霍尔效应

四、安培力

$$\vec{F} = \int_L d\vec{F} = \int_L (I d\vec{l} \times \vec{B})$$

一段载流导线
受的安培力

1、均匀磁场作用载流导线上的安培力

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$

2、均匀磁场作用在载流线圈上的磁力矩

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

3、稳恒磁场中磁力、磁力矩的功

$$A = I \Delta \Phi$$

五、有磁介质存在时的磁场

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_i I_{i\text{传导}} \longrightarrow \text{有磁介质时的安培环路定理}$$

$$\boxed{\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}} \quad \text{磁场强度}$$

均匀各向同性的磁介质
中，物理量的关系：

$$\boxed{\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} = \mu \vec{H}}$$

$$\boxed{\vec{M} = \chi_m \vec{H}} \quad \boxed{\chi_m = \mu_r - 1}$$

顺磁质 $\mu_r \geq 1$ ；抗磁质 $\mu_r \leq 1$ ；铁磁质 $\mu_r \gg 1$

磁化机制， 铁磁质的性质

第九章 电磁感应

一、法拉第电磁感应定律

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt}$$

楞次定律 判断感应电流方向

二、动生电动势

$$\varepsilon_i = \int_{-}^{+} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

本质：洛伦兹力提供非静电力

方向：在电源内部由负极指向正极

三、感生电动势

$$\mathcal{E} = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{r} = - \iint_S \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$$

本质：变化的磁场在周围激发了涡旋电场

涡旋电场是非保守场，所以不再有电势的概念了。

注意比较静电场与涡旋电场的**异同**

均匀磁场被限制在半径为 R 的圆柱形空间，求涡旋电场

四、自感与互感

$$\mathcal{E}_L = -L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{12} = -M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

L 、 M 与线圈大小、形状、相对位置、周围介质的磁导率有关；与线圈是否通电流无关。

长直螺线管

$$L = \mu n^2 V$$

五、磁场的能量

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

$$W_m = \int_0^{W_m} dW_m = \frac{1}{2} \int_V BH dV$$

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

第十章 Maxwell方程组 电磁场

一、位移电流、全电流定律

$$I_d = \frac{d\Phi_D}{dt}$$

$$J_d = \frac{dD}{dt}$$

位移电流的本质是变化的电场

注意与传导电流的异同

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{r} = I + I_d$$

二、Maxwell方程组

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q = \int \rho dv$$

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

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{r} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{r} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}$$

三、电磁波

(1) 电磁波是横波

(2) 电场与磁场振动方向垂直

(3) 变化的电磁场以波的形式向前传播

$$\vec{u} \rightarrow \vec{E} \times \vec{H} \text{方向}$$

$$u = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

(4) \vec{E}, \vec{H} 的频率、相位和振幅的关系

$$\vec{E}, \vec{H} \text{ 同相、同频 } \sqrt{\epsilon}E_0 = \sqrt{\mu}H_0$$

(5) 电磁波的能量关系 $\mathcal{W} = \mathcal{W}_e + \mathcal{W}_m$

辐射强度 (玻印亭矢量)

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$$