第十四章 电磁感应

14.1 电磁感应的基本原理

法拉第电磁感应定律

$$\mathcal{E}_i = -k\frac{d\Phi}{dt}$$

$$= -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}\cdot d\vec{S}$$

$\Psi = N\Phi$，全磁通匝链数.

闭合回路总电阻为 R 时，回路中感应电流为

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{N}{R}\frac{d\Phi}{dt}$$

$$q = \int_{t_1}^{t_2} I_i dt = -\frac{N}{R}\int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = \frac{N}{R}(\Phi_1 - \Phi_2)$$

14.2 动生电动势

$$F_m = -e(\vec{v}\times\vec{B})$$

$$\mathcal{E}_i = \int_-^+ \vec{E}_k\cdot d\vec{l} = \int_a^b (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l} = Bvl$$

$$d\mathcal{E}_i = (v\times B)\cdot d\vec{l}$$

动生电动势计算

(1) 定义 $\mathcal{E}_i = \int_a^b (\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{l}$

(2) 法拉第电磁感应定律 $\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ 添辅助线，利用法拉第电磁感应定律

14.3 感生电动势，涡旋电场

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

计算方法：

(1) 法拉第电磁感应定律

(2) 分布具有对称性，由 $\frac{d\vec{B}}{dt}$ 求涡旋电场 $\vec{E}_i$ 在空间的分布。 先求涡旋电场强度再求感生电动势

$$\mathcal{E} = \int_a^b E_i\cdot d\vec{l}$$

14.4 自感与互感

一. 自感

$$\Psi = LI$$

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

弛豫时间 $\tau = \frac{L}{R}$ ⟷ 稳恒电流电容器充电时间常数 $\tau = RC$

计算自感系数四步

1. 假设线圈通有电流 I；
2. 求出磁场分布
3. 计算相应的磁通量；
4. 根据 $L = \frac{\Psi}{I}$ 求出 L（I 一定消去）。 $L = \frac{\Psi}{I}$

二. 互感

$$\Psi_{21} = M_{21}I_1 \qquad \mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Psi_{21}}{dt} = -M\frac{dI_1}{dt}$$

$$\Psi_{12} = M_{12}I_2 \qquad \mathcal{E}_{12} = -\frac{d\Psi_{12}}{dt} = -M\frac{dI_2}{dt}$$

计算互感系数

1. 先在容易求出磁场分布的线圈中假设通有电流 I；
2. 求出相应的磁场分布；
3. 求互感磁通量；
4. 用 $M = \frac{\Psi}{I}$ 求出 M

14.5 磁场的能量

$W_m = \frac{1}{2}LI_0^2$ 自感磁能

$w_m = \frac{1}{2}\vec{B}\cdot\vec{H}$ 磁能密度

$$W_m = \int_V w_m\, dV$$

第十五章 电磁波与电磁场

15.1 位移电流

一. 位移电流密度 $\vec{j}_d = \frac{d\vec{D}}{dt}$

位移电流强度 $I_d = \frac{d\Phi_D}{dt}$ $\qquad \Phi_D = \int_S \vec{D}\cdot d\vec{S}$

$$I_d = \frac{d}{dt}\int_S D\cdot dS = \int_S \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

全电流 $I_{全} = \sum I + I_d$

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum I + \frac{d\Phi_D}{dt} = \sum I + \int_S \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

二. 位移电流的性质

1. 位移电流能激发涡旋磁场
2. 位移电流和传导电流虽均称电流，但物理概念不同.

$$\vec{j}_d = \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = \varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} + \frac{\partial\vec{P}}{\partial t}$$

15.2 电磁场 麦克斯韦方程组

积分形式

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = \int_V \rho\, dV = \sum q$$

$$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

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

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum I + \frac{d\Phi_D}{dt} = \int_S \vec{j}\cdot d\vec{S} + \int_S \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

$\vec{D} = \varepsilon\vec{E} \qquad \vec{B} = \mu\vec{H} \qquad \vec{j} = \gamma\vec{E}$

微分形式

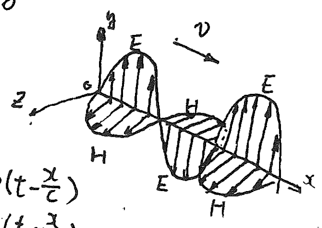
$$\nabla\cdot\vec{D} = \rho$$

$$\nabla\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \qquad \nabla = \vec{i}\frac{\partial}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\frac{\partial}{\partial z}$$

$$\nabla\cdot\vec{B} = 0$$

$$\nabla\times\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

15.3 电磁波



电磁波波动方程 $E = E_0\cos\omega(t - \frac{x}{c})$

$H = H\cos\omega(t - \frac{x}{c})$

均值：$\frac{E}{H} = \frac{E_0}{H_0} = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\varepsilon}}$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$$

电磁波的能量：$w_e = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 \quad w_m = \frac{1}{2}\mu H^2$

（电磁波的能流密度） $w = w_e + w_m = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2$

坡印亭矢量 $\vec{S} = \vec{E}\times\vec{H}$ 电磁波的圆频率 $\omega = 2\pi f$

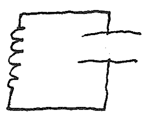
平均能流密度 $S = \frac{1}{2}E_0H_0$

电磁波的动量：$\frac{\omega}{c^2}\cdot c = \frac{\omega}{c}$ $\quad\omega$：电磁波能量密度

15.5 电磁振荡 赫兹实验

$$W = W_e + W_m = \frac{Q_0^2}{2C}$$

电场 磁场



$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$ 共振频率

15.5 另一种思路求位移电流，正面强攻数学处理可能较复杂

15-9 螺线管的直径不影响其中的 B

15-11 $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$ 谨记！

15-14. 推导 坡印亭矢量注意标明