

物理学院



大学物理·电磁学

主讲教师：吴 喆

第 12 章 变化的电磁场

12.1 电磁感应定律

12.2 动生电动势与感生电动势

12.3 自感与互感

12.4 磁场能量

12.5 位移电流

12.6 麦克斯韦方程组

12.7 电磁波



12.6 麦克斯韦方程组

本节的研究内容

• 麦克斯韦方程组

麦克斯韦在总结前人成就的基础上，再结合他极富创见的涡旋电场和位移电流的假说，建立了系统完整的电磁场理论，理论的核心就是**麦克斯韦方程组**。

设空间既有自由电荷和传导电流，又有变化的电场和磁场，同时还有介质，则

- 空间任一点的电场： $\vec{E} = \vec{E}^{(1)} + \vec{E}^{(2)}, \quad \vec{D} = \vec{D}^{(1)} + \vec{D}^{(2)}$

$\vec{E}^{(1)}, \vec{D}^{(1)}$ —静电场 $\vec{E}^{(2)}, \vec{D}^{(2)}$ —涡旋电场

- 空间任一点的磁场： $\vec{B} = \vec{B}^{(1)} + \vec{B}^{(2)}, \quad \vec{H} = \vec{H}^{(1)} + \vec{H}^{(2)}$

$\vec{B}^{(1)}, \vec{H}^{(1)}$ —传导电流的磁场 $\vec{B}^{(2)}, \vec{H}^{(2)}$ —位移电流的磁场

电场的通量: $\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \oiint_l \vec{D}^{(1)} \cdot d\vec{S} + \oiint_l \vec{D}^{(2)} \cdot d\vec{S} = \sum q_{o\text{内}} + 0 = q_o$

$$\therefore \oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q_o \cdots \cdots (1)$$

电场的环量: $\oiint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = \oiint_l \vec{E}^{(1)} \cdot d\vec{l} + \oiint_l \vec{E}^{(2)} \cdot d\vec{l} = 0 - \frac{d\varphi_m}{dt} = - \int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

$$\therefore \oiint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \cdots \cdots (2)$$

磁场的通量: $\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \cdots \cdots (3)$

磁场的环量: $\oiint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oiint_l \vec{H}^{(1)} \cdot d\vec{l} + \oiint_l \vec{H}^{(2)} \cdot d\vec{l} = \int_s \vec{j} \cdot d\vec{S} + \int_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

$$\therefore \oiint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S} \cdots \cdots (4)$$

麦克斯韦方程组：(积分形式)

$$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q_o \cdots \cdots (1)$$

$$\oiint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \cdots \cdots (2)$$

$$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \cdots \cdots (3)$$

$$\oiint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S} \cdots \cdots (4)$$

洛伦兹力： $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

对各向同性介质： $\vec{D} = \epsilon \vec{E}, \vec{B} = \mu \vec{H}, \vec{j} = \gamma \vec{E}$



麦克斯韦方程组：(微分形式)

利用高斯公式和斯托克斯公式，可得到麦克斯韦方程组的微分形式

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

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

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

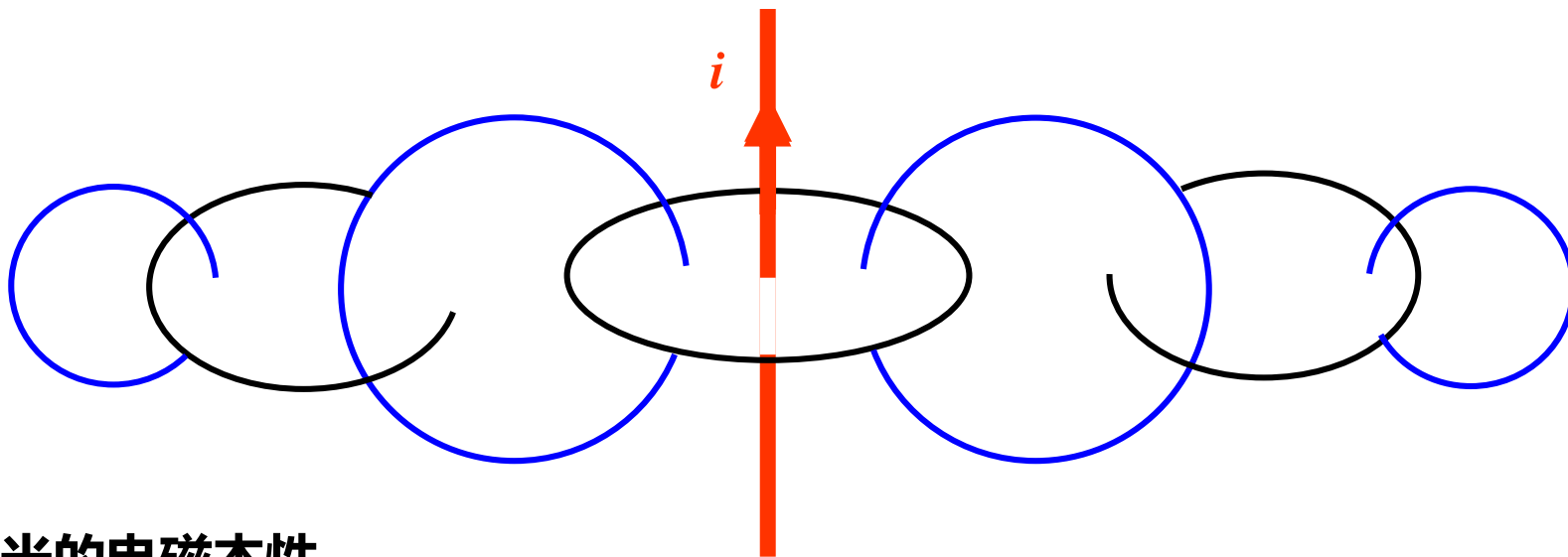
$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

洛伦兹力与麦克斯韦方程组构成经典电磁学的理论基础。 根据麦克斯韦微分方程组，结合边界条件和初始条件，就能求得任一时间空间任一点的电磁量。

麦克斯韦方程组的意义：

- 概括、总结了一切宏观电磁现象的规律。
- 预见了电磁波的存在。

变化的电场和磁场相互激发交替产生，由近及远，以有限的速度在空间传播，从而形成电磁波。



- 预言了光的电磁本性。



物理学院

谢谢大家!