电与磁

静电场

库仑定律

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}\mathbf{e_r}$$

其中 $\mathbf{F}$ 表示库仑力向量，$\mathbf{e_r}$ 为方向向量

电场强度

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$$

其中 q_0 为试探电荷的带电量

电场强度通量 高斯定理

电场强度通量

$$\Phi_e = \int_S \mathbf{E} \cdot dS$$

- 对于两块互相平行的“无限大”的均匀带电平板，
  两板上自由电荷面密度分别为 $+\sigma_0, -\sigma_0$
  当两板间真空时，

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$$

高斯定理

$$\oint \epsilon_0 \mathbf{E} \cdot dS = \sum_i q_i^{(in)}$$

这说明通过高斯面的电场强度通量乘以真空电容率 **等于** 高斯面内所有电荷之和
高斯面要求为 **封闭曲面**

（这体现出电场是有源场，电场线起始于正电荷，终止于负电荷或无穷远处）

电势

定义式

$$V_A = \int_A^{零势能点} \mathbf{E}dl$$

点电荷的电势

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad V_\infty = 0$$

电势能

$$W = q\int_A^B \mathbf{E}dl = -(E_{p_2} - E_{p_1})$$

环路定理

$$\oint_l \mathbf{E}dl = 0$$

这说明静电场是保守力场

静电平衡

- 导体内部场强处处为零
- 导体是一个等势体
- 导体表面的场强与表面垂直

注：导体内部场强为零，但是电荷不一定为零

电介质

$$E = E_0 - E' = \frac{1}{\epsilon_r}E_0$$

其中 ϵ_r （$\epsilon_r > 1$）称为该介质的 **相对** 电容率，而 $\epsilon_0\epsilon_r$ 称为电介质的电容率
以“电场强度”小节中的例子来看，可以得到极化电荷面密度

$$E_0 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}, E' = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$$

$$\therefore \sigma' = (1 - \frac{1}{\epsilon_r})\sigma_0$$

存在电介质时的高斯定理

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E}$$

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot dS = \sum_i q_i^{(in)}$$

恒定磁场

磁感应强度

$$B = \frac{F_\perp}{qv}$$

其中 q 表示试探电荷的带电量，$F_\perp$ 表示试探电荷垂直磁场方向运动时受到的力

磁通量

$$\Phi = \int_S BS \cos\theta$$

其中 θ 为磁感应强度与平面法线的夹角

磁场中的高斯定理

$$\oint_S \mathbf{B} S = 0$$

这体现出磁场是无源场，磁感线是无头无尾的闭合曲线

毕奥-萨伐尔定律

对于电流元 Idl 在任一点 P 所激发的磁感应强度 dB

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\,\mathbf{l} \times \mathbf{e_r}}{r^2}$$

其中 μ_0 为真空磁导率，$\mathbf{r}$ 为矢量，方向为电流元位置指向点 P 位置
dB 的方向由右手定则确定

毕奥-萨伐尔定律的应用（常用公式）

- 有限长直导线电流

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

- 无限长直导线电流

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

- 半无限长直导线电流

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}$$

  - 直导线延长线上的磁感应强度为 0

- 圆形电流
  轴线上 P 点

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

  圆心处

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

  一段圆弧电流在圆心处的磁感应强度

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \cdot \frac{\theta}{2\pi}$$

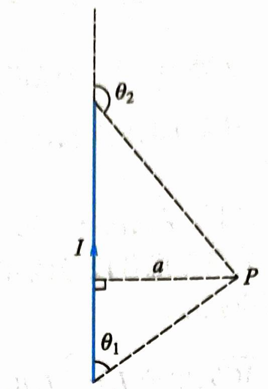

图 6-1

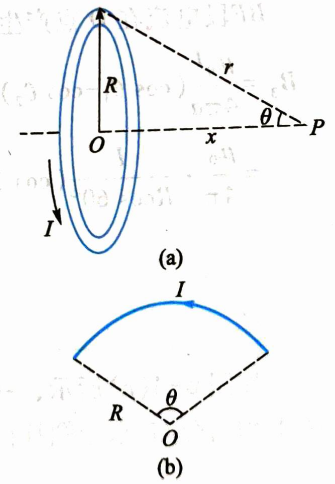

图 6-2

安培环路定理

$$\frac{1}{\mu_0}\oint_L \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l}=\sum_i I_i$$

这说明了磁感应强度的环量除以真空磁导率等于其包围的电流总和

磁介质

分类

顺磁质，$\mu_r \geq 1$

抗磁质，$\mu_r \leq 1$

铁磁质，$\mu_r \gg 1$

磁介质中的安培环路定理

$$\oint_L \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum_i I_i$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H} = \mu \mathbf{H}$$

其中 μ_r 为 **相对磁导率**，μ 为磁介质的磁导率， $\mathbf{H}$ 称为 **磁场强度**

电磁场

电动势

$$\mathscr{E} = \int \mathbf{E_k} \cdot d\mathbf{l}$$

其中 $\mathbf{E_k}$ 为非静电场强

楞次定律

$$\mathscr{E} = -\frac{N d\Phi}{dt}$$

其中负号表示方向，N 表示匝数