

第五章 静电场

电荷量子化 电荷守恒定律 库仑定律

质子和电子电荷量的绝对值相等

荷质比

电荷守恒定律：无论系统中的电荷如何迁移，系统的电荷的代数和保持不变

库仑定律：两个静止点电荷之间的作用力（适用范围：静电场）

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

描述电场性质的两个物理量：电场强度、电势

电场强度： $E = \frac{F}{q_0}$ （与点电荷带电量无关）

点电荷的电场强度： $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \mathbf{e}_r$

方向：若点电荷为正电荷， \mathbf{E} 与 \mathbf{e}_r 相同，反之相反

电场强度叠加原理：点电荷系电场中某点场强为各个点电荷单独存在时激发的场强的矢量和

$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^n \mathbf{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \mathbf{e}_i$$

带电体微分： $d\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \mathbf{e}_r$

按体积： $\mathbf{E} = \int_V \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho \mathbf{e}_r}{r^2} dV$

电偶极子的电场强度

电偶极子：两个电荷量相等、符号相反、相距为 r_0 的点电荷构成的电荷系

电偶极矩（电距）：从 $-q$ 指向 $+q$ 的矢量 \mathbf{r}_0 (电偶极子的轴) $\ast q$

1. 电偶极子轴线延长线上一点场强： $\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2\mathbf{p}}{x^3}$ (方向与电距 \mathbf{p} 相同)

2. 电偶极子轴线中垂线上一点的场强： $\mathbf{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{p}}{y^3}$ (方向与电距 \mathbf{p} 相反)

电场强度通量 高斯定理

电场线密度： $\frac{dN}{dS} = E$

电场强度通量： $\phi = \mathbf{E} \cdot \mathbf{S}$

大小： $\phi = ES \cos\theta$

微分： $\phi = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$

符号：电场线“穿进”为负，“穿出”为正

高斯定理： $\phi = \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$

方向： $q > 0$ 向外穿出，反之向内

描述：穿过任意闭合曲面的电场强度通量=闭合曲面内所有电荷的代数和/ ϵ_0

(所选取的闭合曲面称为**高斯面**)

适用范围：静电场、变化电场

特点：当点电荷在闭合曲面之外，电场强度通量为零

静电场的环路定理 电势能

库仑力为保守力：静电场力对电荷做的功只与始末位置有关

静电场为保守场

静电场的环路定理：在静电中场强 E 的环流为零

环流： E 沿任意闭合路径的线积分

电势能：把电荷从该点移到零电势能处电场力做的功

电势： $V_A = \int_{AB} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} + V_b$

通常 $V_A = \int_{A\infty} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$

$$V_A = \int_r^\infty \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r}$$

电势可以进行叠加

电势差： $U_{ab} = V_A - V_B = \int_{AB} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$

$$W = qU_{AB}$$

电场强度与电势梯度

等势面：电场中电势相等的面

电场强度与等势面垂直

相邻两个等势面之间的电势差相等

电场强度和电势的关系：电场中某一点的电场强度沿任一的方向的分量，等于这一点的电势沿该方向电势变化率的负值

$$E_l = -\frac{dV}{dl}$$

$$\mathbf{E} = -\frac{dV}{dl_n} \mathbf{e}_n = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{k}\right) = -grad \quad V = -\nabla V$$

任意一点场强 E = 该点电势沿等势面法线方向变化率的负值