

§1-3 叠加原理

一、 叠加原理表述

当空间存在两个以上的点电荷时，任意两个点电荷间都存在相互作用。实验指出，两个点电荷间的作用力不因第三个电荷的存在而改变。不管一个体系中存在多少个点电荷，每一对点电荷之间的作用力都服从库仑定律，而任一点电荷所受到的力等于所有其他点电荷单独作用于该点电荷的库仑力的矢量和，这一结论称为叠加原理

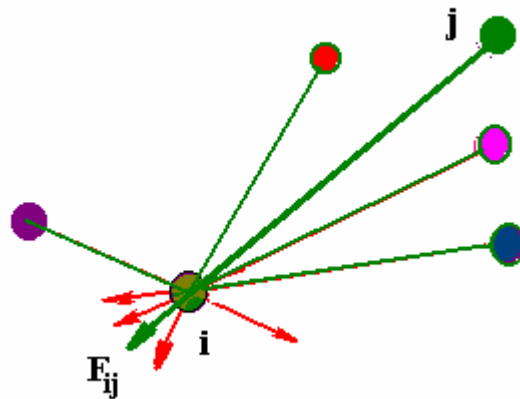


图 1-19 点电荷体系之间的库仑力

设有 n 个点电荷组成的体系，第 j 个点对第 i 个点电荷的作用力为 F_{ij} ， r_{ij} 为 q_i 与 q_j 间的距离， e_r 为从 q_j 指向 q_i 方向的单

位矢量，如图根据叠加原理， q_i 受到的合力为：

$$F_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}^2} e_{ij}$$

二、各种带电体系对静止点电荷的作用力公式

设想把带电体分割为许多称为“电荷元”的小部分，在分析它们各自对试探点电荷 q_0 的作用时，均可当作点电荷处理。这样，整个带电体就与一点电荷系统等效。

为求出各个电荷元的电量，需要引入电荷密度的概念。

$$\text{体电荷密度: } \rho = \frac{\Delta q}{\Delta V}$$

$$\text{面电荷密度: } \sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}$$

$$\text{线电荷密度: } \lambda = \frac{\Delta q}{\Delta l}$$

利用叠加原理，可以求体带电体、面带电体和线带电体对点电荷的作用力分别为：

$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \iiint_{V'} \frac{\rho(r')}{|r_0 - r'|^3} (r_0 - r') dV'$$

$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \iint_{S'} \frac{\sigma(r')}{|r_0 - r'|^3} (r_0 - r') dS'$$

$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(r')}{|r_0 - r'|^3} (r_0 - r') dl'$$

三、各种带电体系之间的作用力公式

一个体积为 V (或面积为 S , 或长度为 L) 的带电体, 其电荷密度为 $\rho(r)$ (或 $\sigma(r)$, 或 $\lambda(r)$), 对另一带电体的库仑力为:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \iiint_{V'} \frac{\rho(r)\rho(r')}{|r - r'|^3} (r - r') dVdV'$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_S \iint_{S'} \frac{\sigma(r)\sigma(r')}{|r - r'|^3} (r - r') dSdS'$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_L \int_{L'} \frac{\lambda(r)\lambda(r')}{|r - r'|^3} (r - r') dl dl'$$

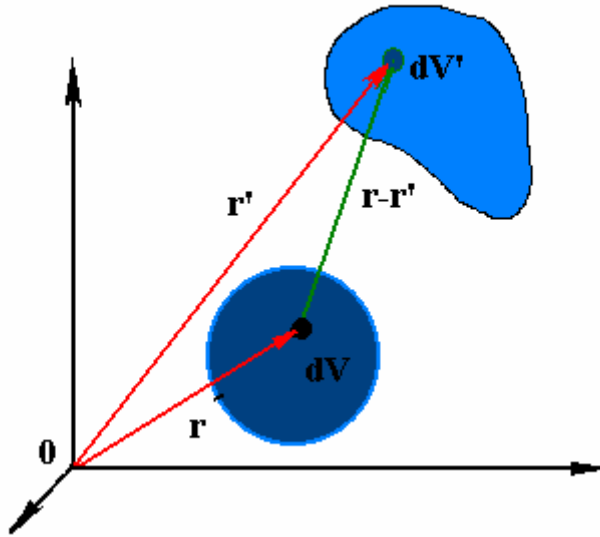


图 1-20 两带电体之间的库仑力

或面带电体和体带电体之间的库仑力为：

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_S \iiint_{V'} \frac{\sigma(r)\rho(r')}{|r-r'|^3} (r-r') dS dV'$$

依此类推。