

电动

dcdeng

2023 年 6 月 26 日

第一章 经典电动力学

1.1 静电场的方程式

库仑定律: 静止电荷间的相互作用规律 (经验规律).

$$\mathbf{F}_j = \sum_{i \neq j} k \frac{q_i q_j}{|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|^2} \mathbf{e}(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j), \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} (\text{I.U.}) \quad (1.1)$$

电力的传递机制: 电场. 定义为, 给一试探电荷 q , 电场强度 $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$. 那么由库仑定律, 一个静止点电荷电场分布:

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \mathbf{e}(\mathbf{r}). \quad (1.2)$$

库仑定律中受力是叠加的, 故有叠加原理:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_1(\mathbf{r}) + \mathbf{E}_2(\mathbf{r}), \quad (1.3)$$

即各个源电荷对总电场的贡献是独立的. 对照偏微分方程中解的叠加原理, 这性质暗示, \mathbf{E} 应满足线性的偏微分方程.

已知电荷分布时,

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\mathbf{r}') \mathbf{e}(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} d^3 r'. \quad (1.4)$$

若电荷离散分布, $\rho(\mathbf{r}') = \sum_i q_i \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}')$.

下面由库仑定律导出静电场所满足的微分方程. 注意到

$$\nabla \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = -\frac{\mathbf{e}(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} = -\nabla' \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}, \quad (1.5)$$

\Rightarrow

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \rho(\mathbf{r}') \left(-\nabla \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \right) d^3 r' \quad (1.6)$$

$$= -\nabla \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \rho(\mathbf{r}') \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d^3 r' \right). \quad (1.7)$$

引入电势

$$\phi(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \rho(\mathbf{r}') \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d^3r', \quad (1.8)$$

由

$$\mathbf{E} = -\nabla\phi, \quad (1.9)$$

立得 \mathbf{E} 的旋度

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0. \quad (1.10)$$

第二章 认知修正暂记

1. 涉及到介质，还是得引入 \mathbf{D} 和 \mathbf{H} 的 Maxwell 方程组。
2. 不知道高斯单位制里，不出现 ϵ 和 μ ，是怎么处理介质中的电磁场呢？
3. 电势是对电场标量化的产物。所以改变电荷分布，即改变电场分布，即能改变电势分布。
靠近某个电荷附近，电势可能为无穷大。