

# 知识点

2022年2月9日

10:19

## 真空中的静电场

一. 电荷守恒.

二. 库仑定律.

1. 库仑扭秤实验.

2. 库仑定律  $\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{r}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ,  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ .

三. 叠加原理.

1.  $N$  个静止点电荷  $q_1, \dots, q_N$  组成的系统作用到  $q_0$  的库仑力

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_0 \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} (\vec{r} - \vec{r}_i).$$

2. 带电体系对静止电荷的作用力

$$\text{电荷密度 } \rho = \frac{\Delta q}{\Delta V} \quad \vec{F} = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \rho(\vec{r}') dV'$$

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S} \quad \vec{F} = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \iint_S \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \sigma(\vec{r}') dS'$$

$$\lambda = \frac{\Delta q}{\Delta L} \quad \vec{F} = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \int_L \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \lambda(\vec{r}') dL'$$

3. 带电体系的相互作用力

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^2} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \iiint_{V'} \frac{\rho_1(\vec{r}_1) \rho_2(\vec{r}_2)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) dV_1 dV_2$$

四. 电场强度

1. 定义:  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ . 矢量场.

2. 各带电体的电场强度. 点电荷  $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{r}$ .

3. 电场的物质性

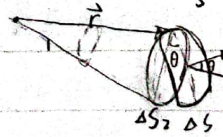
五. 高斯定理.

1. 电通量 通过某一截面  $\Delta\vec{S}$ ,  $\Delta\Phi_E = \vec{E} \cdot \Delta\vec{S} = E \cdot \Delta S \cos\theta$ .

任意大小的曲面  $S$ ,  $\Phi_E = \iint_S d\Phi_E = \iint_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$ .

满足叠加原理  $\Phi = \iint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \iint_S \sum_{i=1}^N \vec{E}_i \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^N \iint_S \vec{E}_i \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^N \Phi_{E_i}$ .

2. 高斯定理.  $\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q$ .



$$\Delta S_2 = \Delta S \cos\theta, \Delta S_1 = r^2 \Delta\Omega$$
$$\Delta\Phi_E = \vec{E} \cdot \Delta\vec{S} \cos\theta = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \Delta S_1 r^2 \cos\theta = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \Delta S_1 \cos\theta \approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \Delta S_1$$
$$\Phi_E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot 4\pi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

外部.  $\Phi_1 = \Phi_2 = \frac{q}{\epsilon_0}$ ,  $\Phi = 0$

$$d\Phi = \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r \cdot d\vec{S} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dS$$

$$\Phi = \oiint \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dS = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \oiint dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

连续电荷分布  $\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_V \rho(\vec{r}') dV' = \frac{1}{\epsilon_0} Q$ .

4. 高斯定理与库仑定律.  $E \propto F \propto r^{-2} \Rightarrow$  Gauss.

5. 电场线.

六. 环路定理

1. 电场的环量  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$

2. 环路定理  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ . 电场力做功与路径无关.

七. 电势.

1. 电势差与电势.

$$\text{电势能 } W_{p0} = q \int_p^0 \vec{E} \cdot d\vec{l}, \text{ 电势差 } U_{p0} = \frac{W_{p0}}{q} = \int_p^0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

2. 电势差的一般表达式

$$U(\vec{r}) = \int_p^0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_p^0 \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \cdot d\vec{l}, (\vec{r} - \vec{r}') \cdot d\vec{l} = |\vec{r} - \vec{r}'| d(|\vec{r} - \vec{r}'|), U(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

满足叠加原理.

3. 场强与电势的微分关系.

$$\text{电势梯度 } \nabla U = \frac{\partial U}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{e}_y + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{e}_z$$

4. 等势面.