

- 电场对置于其中的其它电荷施以**力**的作用。

$$\vec{F} = q_0 \vec{E}$$

- 当电荷在静电场中移动时，电场力**做功**

问题：

静电场中电场力**做功**具有什么**特点**？

§ 1-5 静电场的环路定理

研究思路

一、研究静电力做功的特点



二、静电场的环路定理

一、静电力做功的特点

1、● q



先研究：

单个点电荷电场中
电场力做功的特点



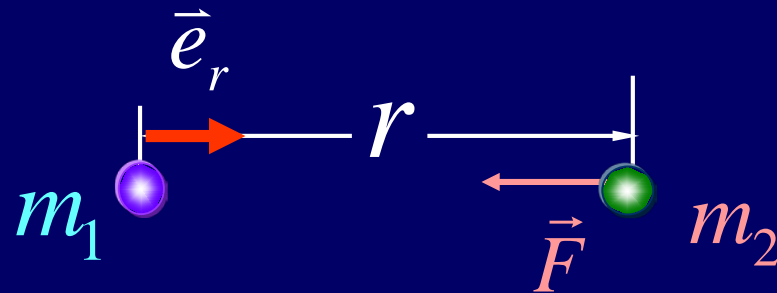
2、 q_1 q_2
 q_3 q_n



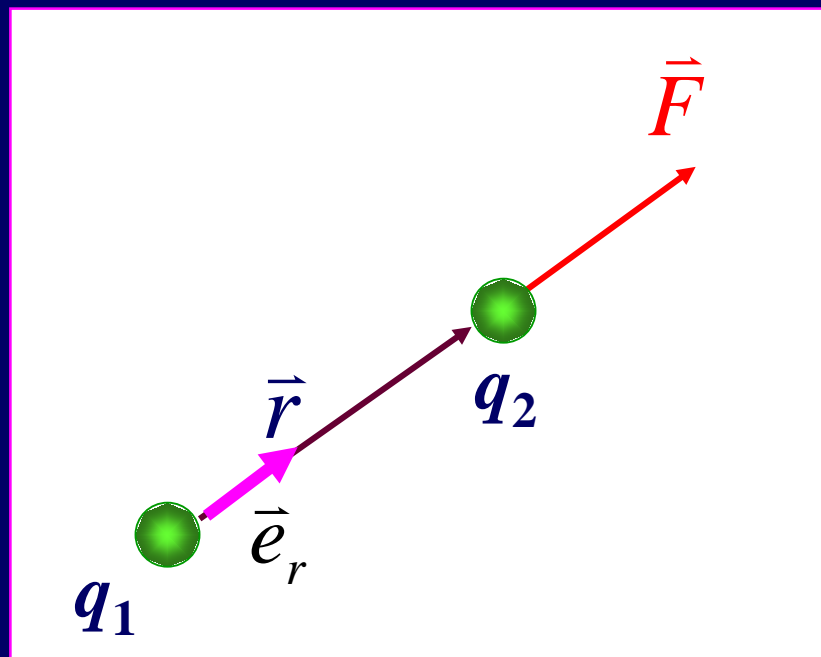
1. 点电荷产生的电场中电场力做的功

(1) 类比万有引力做功

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r$$



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



$$A_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} -G \frac{mM}{r^2} dr$$

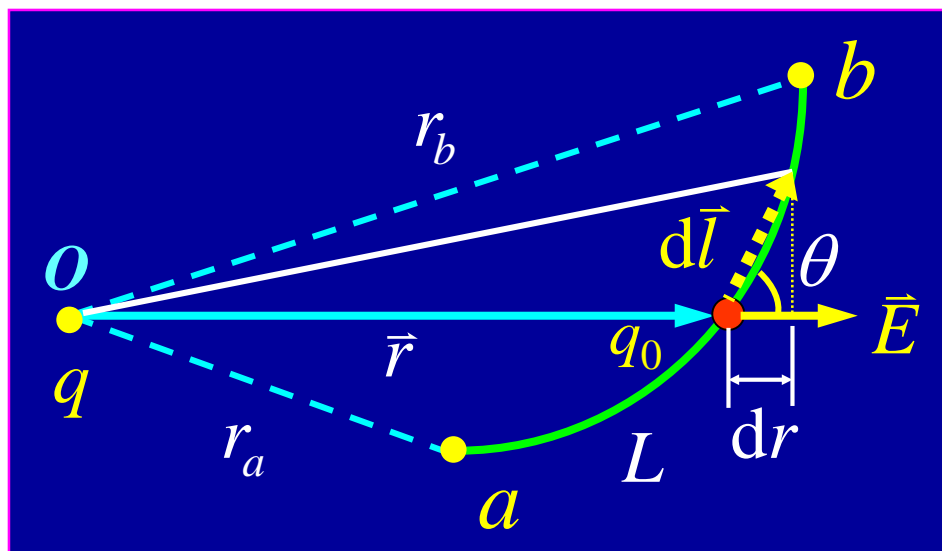
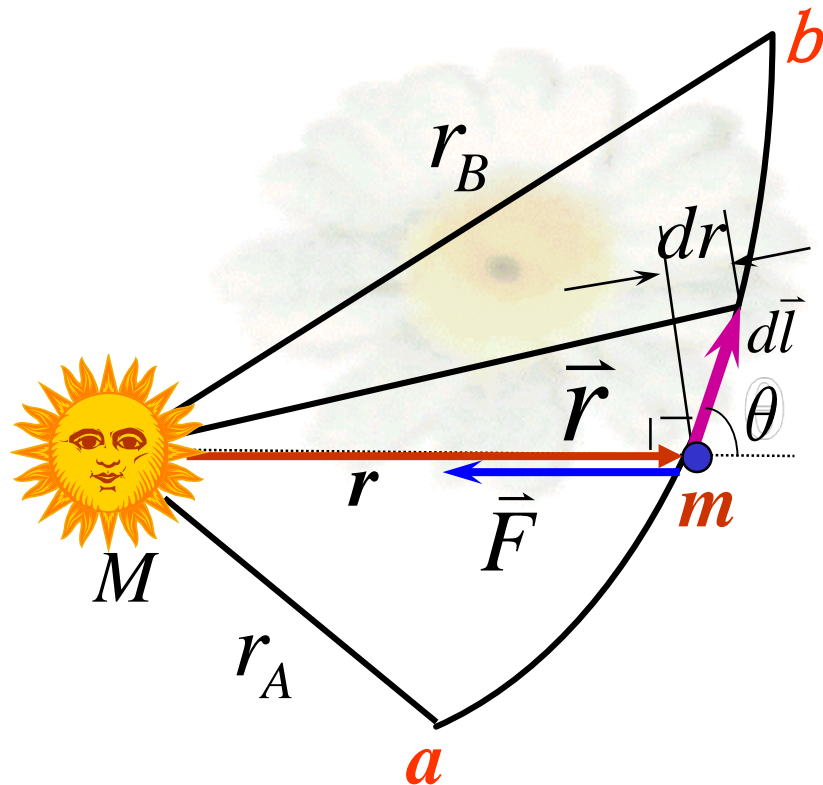
$$A_{ab} = GmM \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$

类比得到:

点电荷电场中静电力所做的功

$$A_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr$$

$$A_{ab} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$



(2). 推导点电荷产生的电场中电场力做的功

q_0 在场中受力

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} = q_0 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r : \text{变力}$$

q_0 的位移元

$$d\vec{l}$$

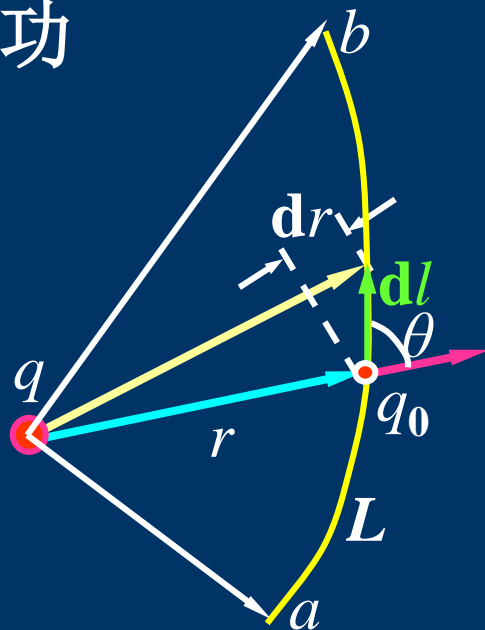
电场力作元功

$$dA = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

其中 $\cos\theta dl = dr$ 则 $dA = q_0 E dr$

$a \rightarrow b$ 电场力做的总功:

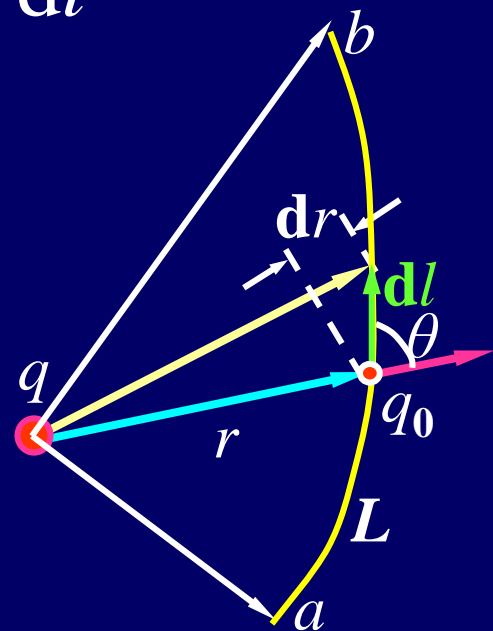
$$A_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



$$a \rightarrow b \text{ 电场力做的总功: } A_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{故 } A_{ab} = \int_{r_a}^{r_b} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} q_0 E dr$$

$$= \frac{q_0 q}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$



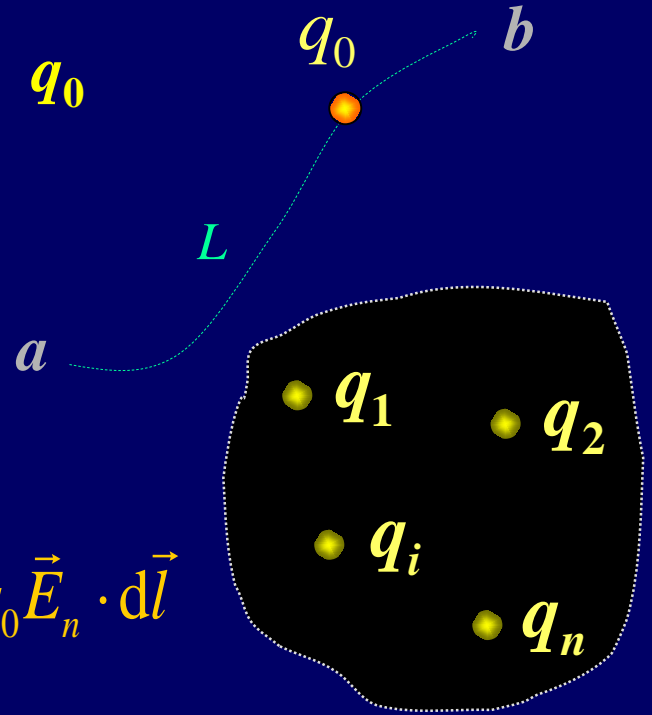
结论:

点电荷电场中静电场力做功与路径无关,
只由始末位置决定。

2. 点电荷系统产生的电场

在电荷系 q_1 、 q_2 、...产生的电场中，移动 q_0

$$\begin{aligned} A_{ab} &= \int_{a(L)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \\ &= \int_{a(L)}^b q_0 (\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n) \cdot d\vec{l} \\ &= \int_{a(L)}^b q_0 \vec{E}_1 \cdot d\vec{l} + \int_{a(L)}^b q_0 \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} + \dots + \int_{a(L)}^b q_0 \vec{E}_n \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

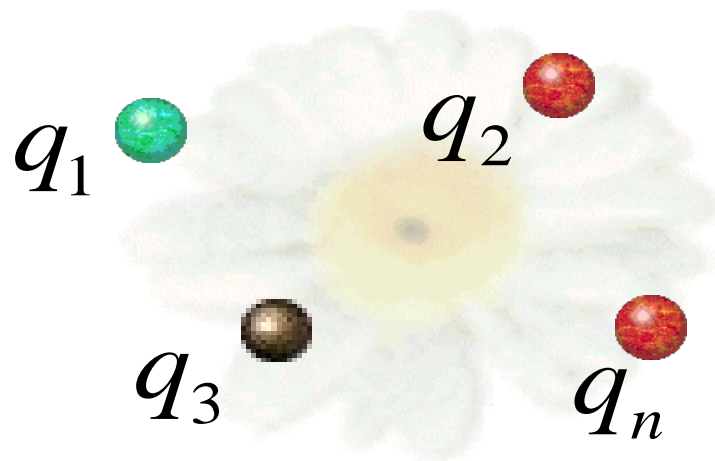


每一项都与路经无关

结论:

点电荷系统电场中，电场力移动 q_0 做功与路径无关

总结静电力做功的特点

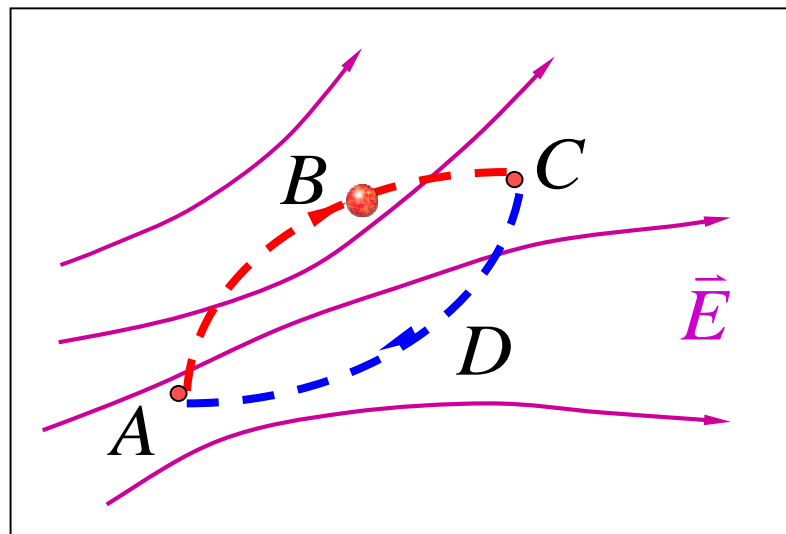


静电力做功特点：

静电场力做功与路径无关，只由始末位置决定。



$$q_0 \int_{ABC} \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_{ADC} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



二、静电场的环路定理

在静电场中，沿闭合路径移动 q_0 ，电场力做功 $A=?$

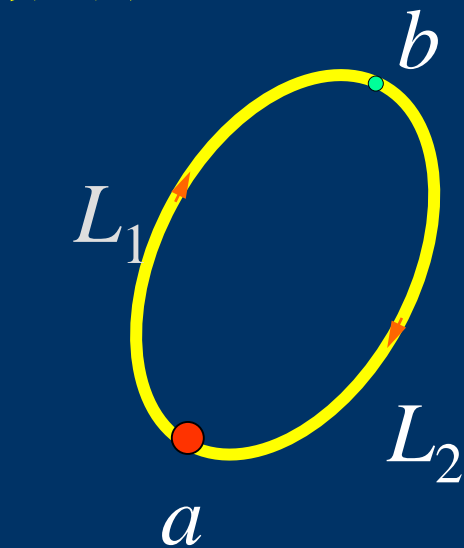
$$A = \oint_L q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$= \int_{a(L_1)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} + \int_{b(L_2)}^a q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

q_0 由 a 点经
 L_1 到达 b 点
所做的功

$$= \int_{a(L_1)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} - \int_{a(L_2)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$= 0$$



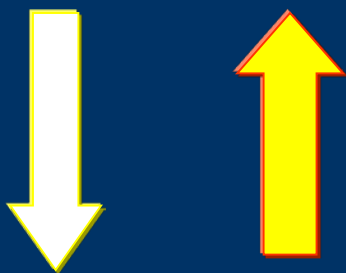
q_0 由 a 点经
 L_2 到达 b 点
所做的功

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

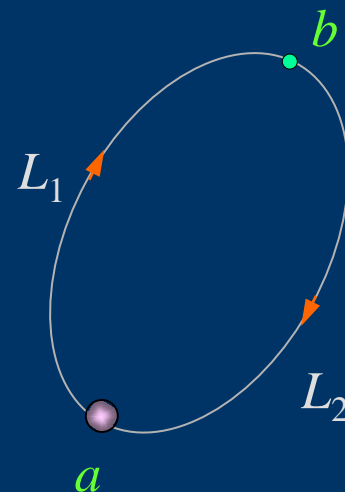
静电场的环路定理

在静电场中，沿闭合路径移动 q_0 ，电场力做功 $A=0$

$$\int_{a(L_1)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{a(L_2)}^b q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

反映

静电力是保守力

静电场是保守力场

静电场高斯定理

反映闭合曲面电通量的规律

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

静电场是有源场

静电场环路定理

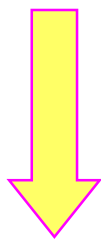
反映静电场力做功的特点

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

静电场是保守场

知识小结

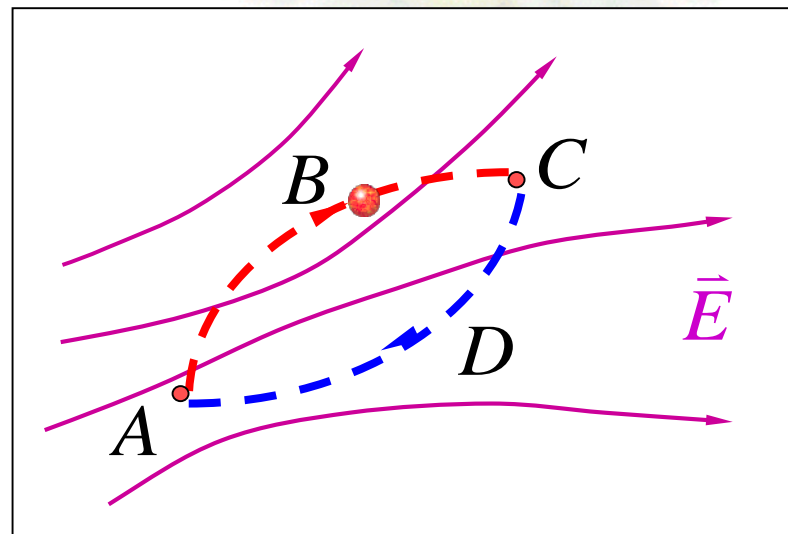
$$q_0 \int_{ABC} \vec{E} \cdot d\vec{l} = q_0 \int_{ADC} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



$$\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



静电场是保守场



引入



可引入电势能 W