电荷 $\rightleftarrows$ 电场 $\rightleftarrows$ 电荷

电场的特性:

- 给电场中的电荷施以力的作用

电场具有“力”的性质 $\xrightarrow{\text{引入}}$ 电场强度

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

电场强度只由场源电荷和电场中各点位置决定

电荷 ⇄ 电场 ⇄ 电荷

电场的特性:

- 电荷在电场中的移动，电场力做功

电场具有“能”的性质 $\xrightarrow{\text{引入}}$ 电势 φ

电势也应只由场源电荷和电场中各点位置决定

φ如何定义？

φ如何计算？

§1-6 电 势

电 势 φ

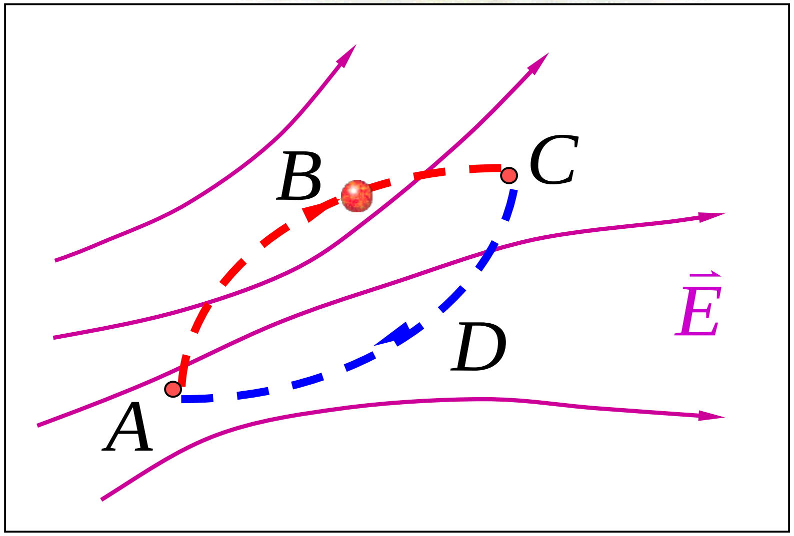
电势能 W

静电场的环路定理

静电场的环路定理

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

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



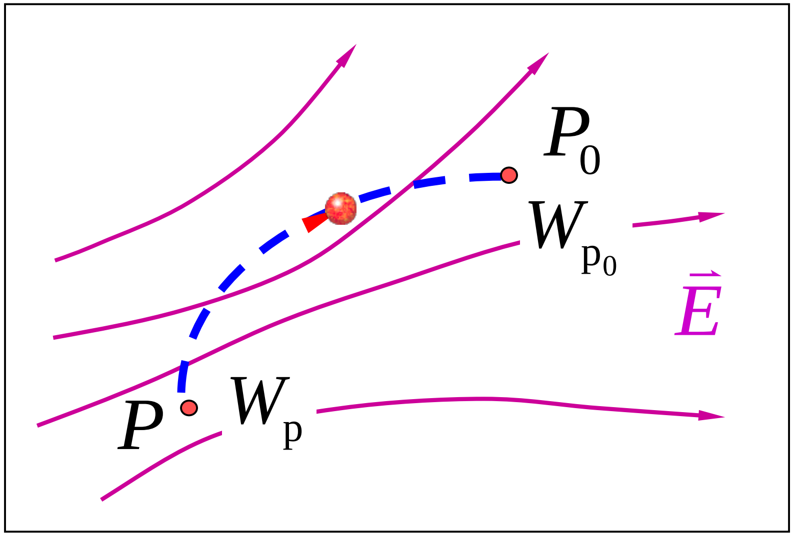
静电场是保守场 $\xrightarrow{\text{引入}}$ 电势能 W

电势能

$$A_{PP_0} = \int_P^{P_0} q_0 \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$= -(W_{p_0} - W_p)$$

$$= W_p - W_{p_0}$$



令 $W_{p_0} = 0$

$$W_p = \int_P^{"0"} q_0 \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

问题一：电势的定义？

思路：

引入检验电荷

研究它在电场中具有的电势能的特点 → 研究简单的点电荷电场

定义电势 → 只由激发电场源电荷和电场中各点位置决定

回顾：电场强度如何定义？

引入检验电荷

↓

研究它在电场中的受力特点 → 研究点电荷电场

$$\vec{F}=\frac{Qq_0}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

$$\frac{\vec{F}}{q_0}=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$$

↓

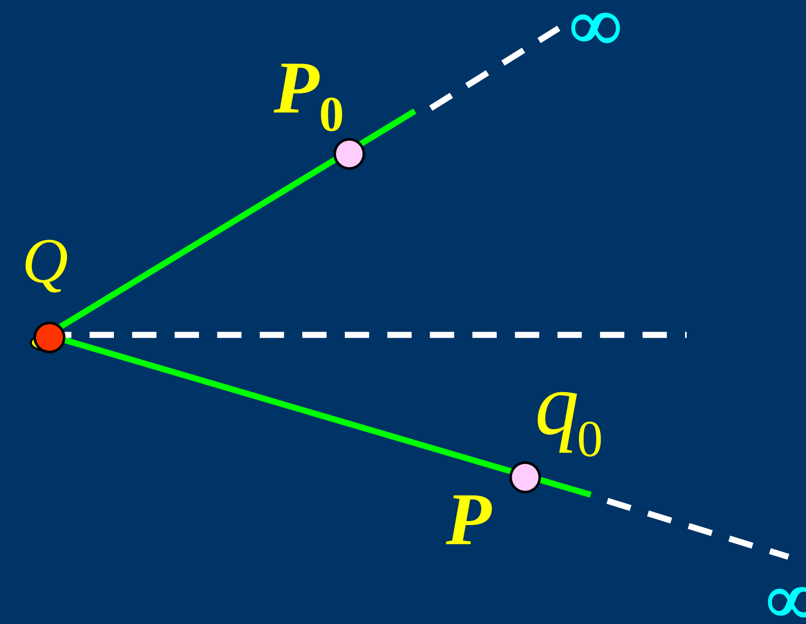
定义电场强度 → 只由激发电场源电荷和电场中各点位置决定

↓

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

一． 电势的定义

1、q_0在点电荷Q的电场中电势能的特点



$$W_P = \frac{q_0 Q}{4\pi\varepsilon_0 r_P}$$

结论1：电势能不仅与位置有关，还与检验电荷有关

$$\frac{W_P}{q_0} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_P}$$

结论2：电荷在电场中某点具有的电势能与电荷电量的比值只与场源电荷和研究点的位置有关

2、电势的定义

$$\varphi_P = \frac{W_P}{q_0}$$

静电场中某点的电势，
等于单位正电荷处在该点时的电势能

$$\varphi_P = \int_P^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

静电场中某点的电势
也等于将单位正电荷从该点经任意路径移至电势参考点时，电场力所作的功。

电势具有相对性，与电势参考点选择有关

若电荷分布在有限大的区域$\varphi_\infty = 0$

$$\varphi_P = \int_P^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

◆讨论 $\varphi_P = \dfrac{W_P}{q_0} = \int_P^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}$

（1）电势是描述静电场中各点能量性质的物理量，

与试验电荷无关

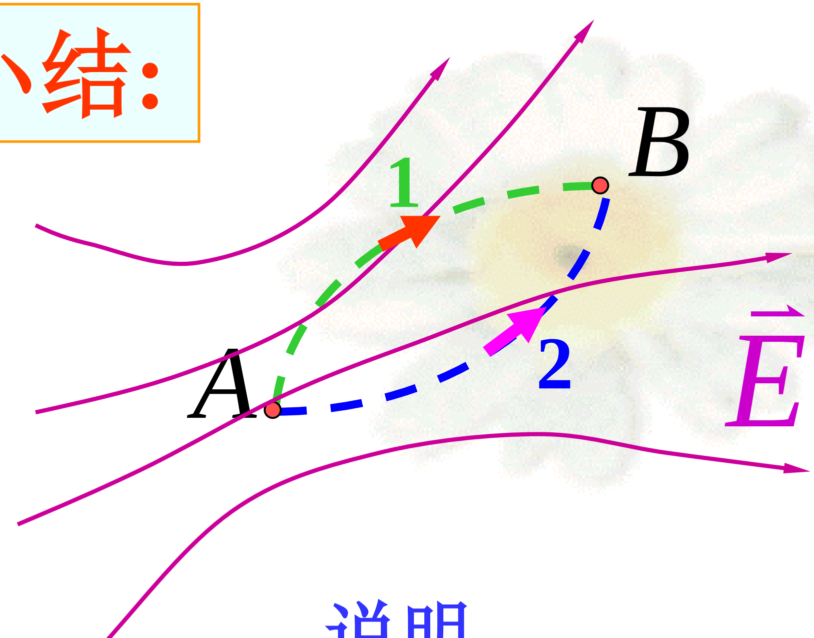
（2）电势是标量，有正负、高低之分。

（3）正电荷在电场力作用下从高电势点移向低电势点

（4）沿电场线方向电势逐点降低。

- 在同一根电场线上找不到电势相同的两点；
- 同一根电场线起点电势高于终点电势。

知识小结:



静电场力做功的特点:

$$\int_{A1B} q_0 \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_{A2B} q_0 \vec{E}\cdot d\vec{l}$$

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

:静电场的环路定理 说明 静电场是保守力场

引入 电势能W $W_{PP_0} = \int_P^{P_0} q_0 \vec{E}\cdot d\vec{l}$ $W_P = \int_P^{参} q_0 \vec{E}\cdot d\vec{l}$

引入 电势φ

$$\varphi_P = \frac{W_P}{q_0} = \int_P^{"0"} \vec{E}\cdot d\vec{l}$$

问题二：如何求解给定电场中的电势分布?

电势的计算将介绍两种方法：

方法一:

根据电势定义式，

$$\boxed{\varphi_p = \int_p^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}}$$

由已知场强分布，求电势分布

方法一、运用电势的定义式计算电势：

$$\boxed{\varphi_p = \int_p^{"0"} \vec{E} \cdot d\vec{l}}$$

◆要求场强分布规律已知

◆选择简便的积分路径,

$\vec{E} // d\vec{l}$ ⟶ 沿着场强方向选择积分路径

例1. 真空中一半径为R的球面，均匀带电Q，求空间任意一点P的电势？

解：由高斯定理已求得电场分布：

$$\begin{cases} r < R & E = 0 \\ r \geq R & E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \end{cases}$$

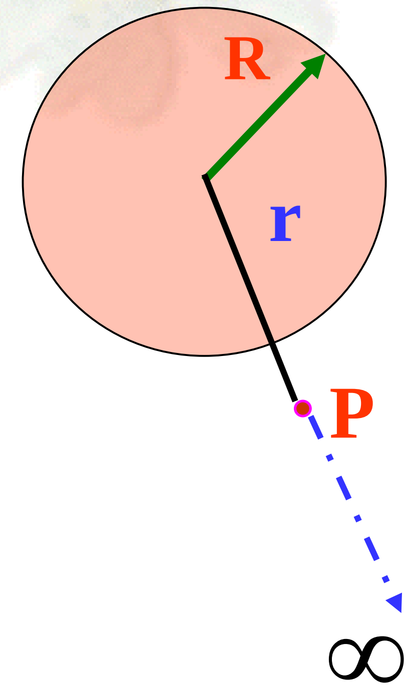
设 $r \to \infty$ 电势为0

P点处在球外 r>R：

选择沿场强方向从P至无穷远处为积分路径

$$\varphi_p = \int_p^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_P^{r=\infty} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \cdot dr$$

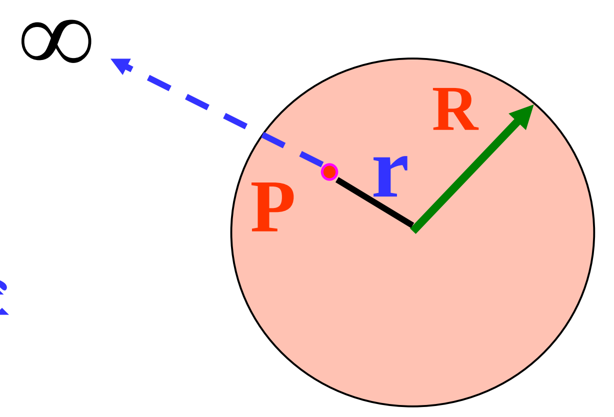
$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$



例1. 真空中一半径为R的球面，均匀带电Q，求空间任意一点P的电势？

解： 由高斯定理已求得电场分布：

$$
\begin{cases}
r < R & E = 0 \\
r \geq R & E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}
\end{cases}
$$



P点处在球内 r<R

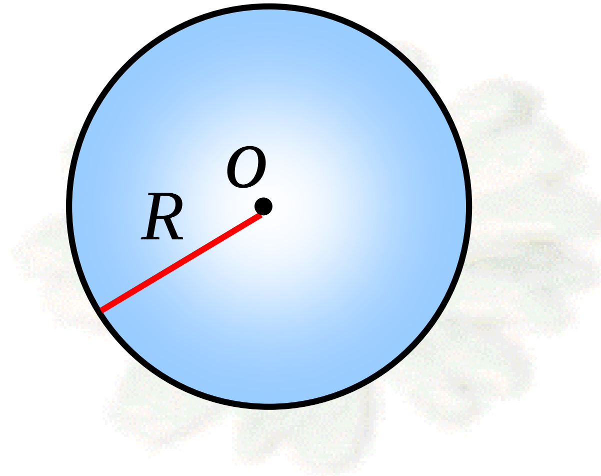
选择沿场强方向从P至无穷远处为积分路径

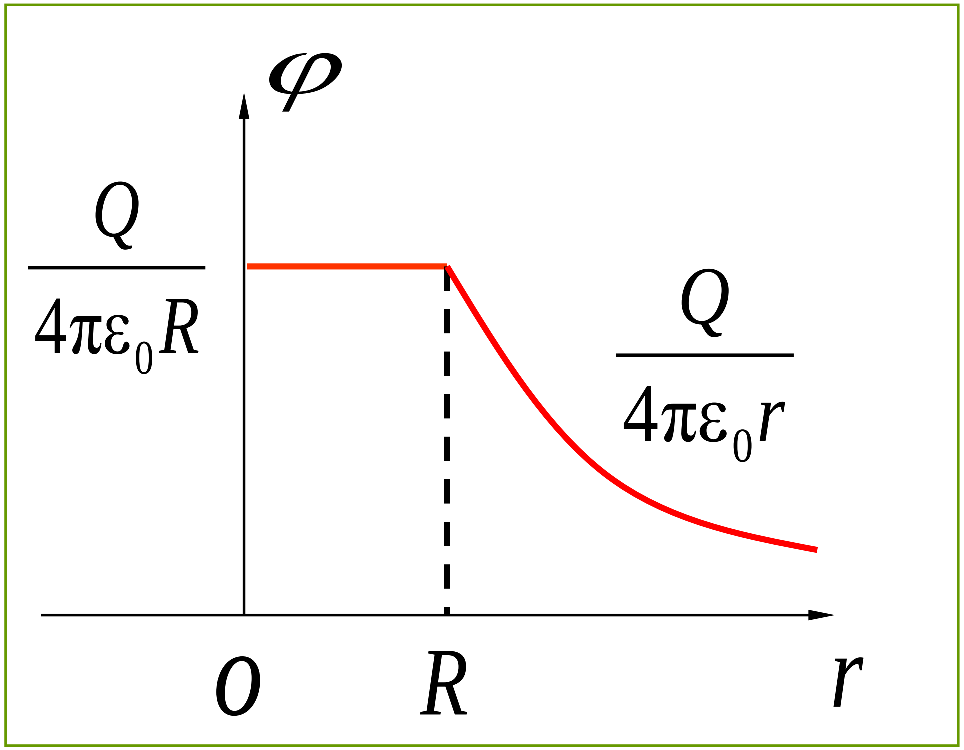
$$\varphi_p = \int_p^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

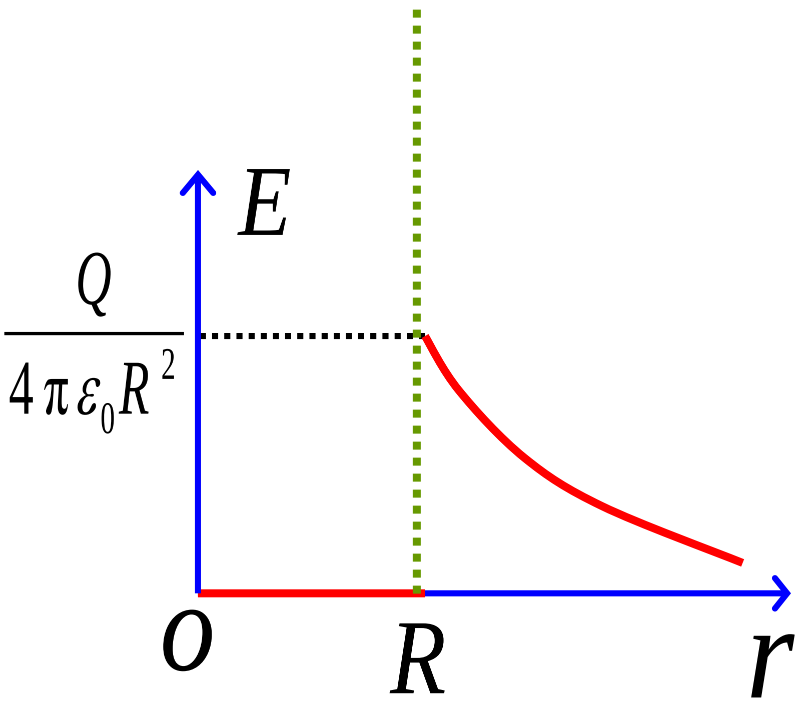
$$= \overset{0}{\int_P^{r=R} E dr} + \int_{r=R}^{r=\infty} E dr = \int_R^{\infty} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \cdot dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$$r > R \qquad \varphi(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

$$r \le R \qquad \varphi(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$$







问题：如何求解给定电场中的电势分布?

方法二:

由点电荷电势公式，

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

结合电势叠加原理计算