

17 恒定磁场

-镜像法

邹建龙

主要内容

- 恒定磁场的镜像法依据
- 根据恒定磁场镜像法进行计算

恒定磁场镜像法的依据

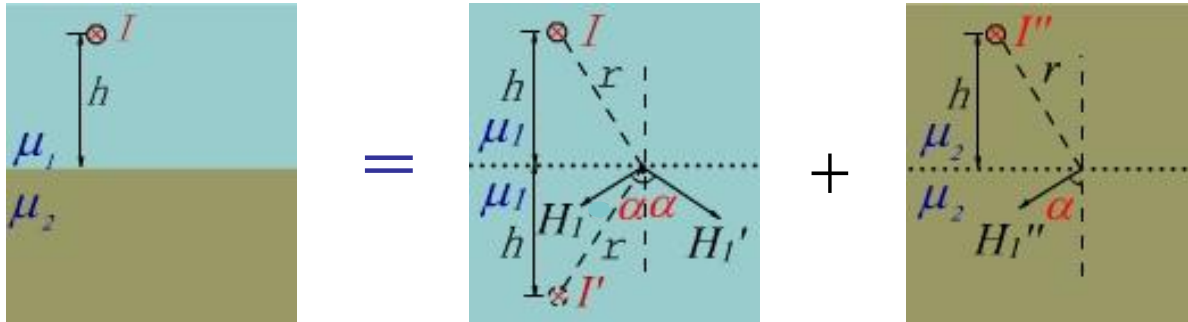
泊松方程. 拉普拉斯方程.

恒定磁场方程与静电场方程类似，边值问题类似；所以同样满足唯一性定理，因此同样可以猜测。

只要保证猜测以后的系统（镜像系统）与原来的系统方程相同，边界条件相同，则猜测以后的系统（镜像系统）的解与原来的系统的解相同。

注意：对外等效，对内不等效。 内外有别. 注意区分

恒定磁场的镜像法计算例1：求镜像电流位置和大小



两种不同磁介质的镜像

通过对偶原理可以直接得出恒定磁场的镜像公式

静电场

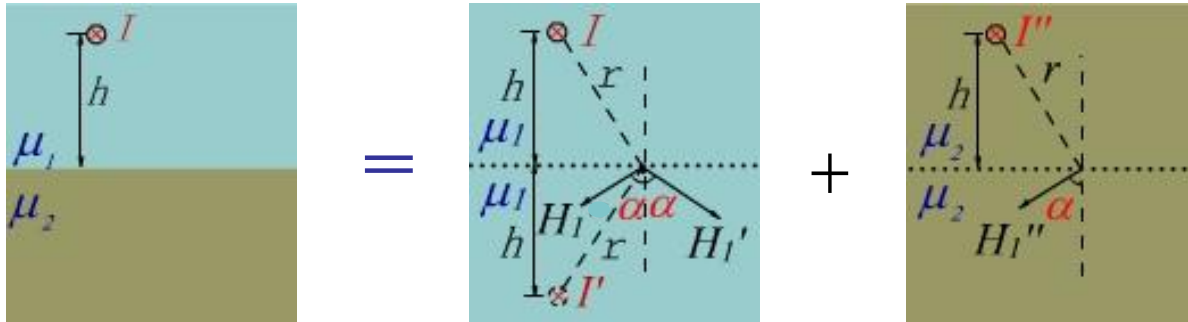
$$q' = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} q$$

$$q'' = \frac{2\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} q$$

$$I' = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1} I, \quad I'' = \frac{2\mu_1}{\mu_2 + \mu_1} I$$

对偶元素 $\epsilon_1 \leftrightarrow \frac{1}{\mu_1}, \quad \epsilon_2 \leftrightarrow \frac{1}{\mu_2}$

恒定磁场的镜像法计算例1：求镜像电流位置和大小



分界面没有电流

两种不同磁介质的镜像

$$\underline{H_{1t} = H_{2t}} \rightarrow \frac{I}{2\pi r} \sin \alpha - \frac{I'}{2\pi r} \sin \alpha = \frac{I''}{2\pi r} \sin \alpha \rightarrow I - I' = I''$$

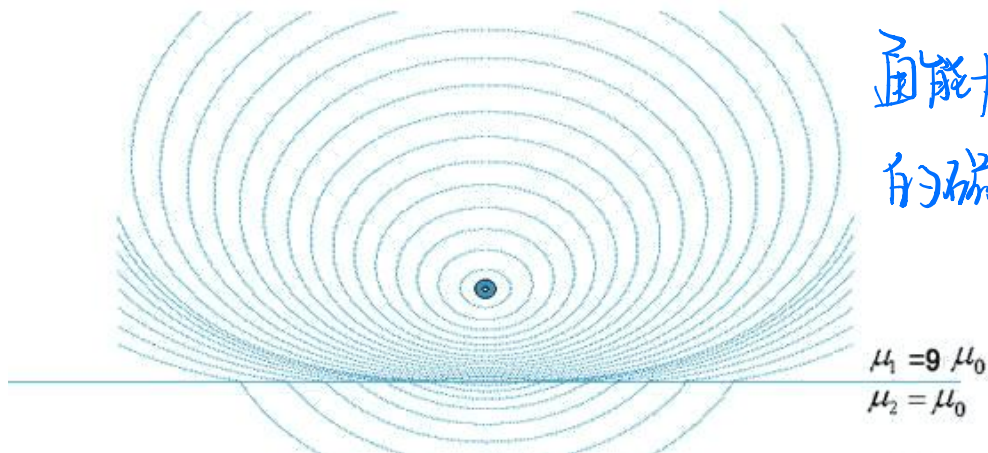
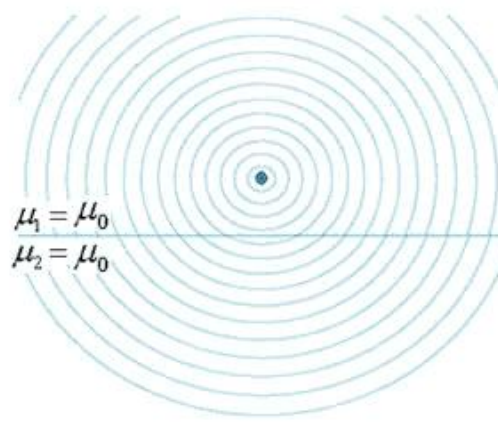
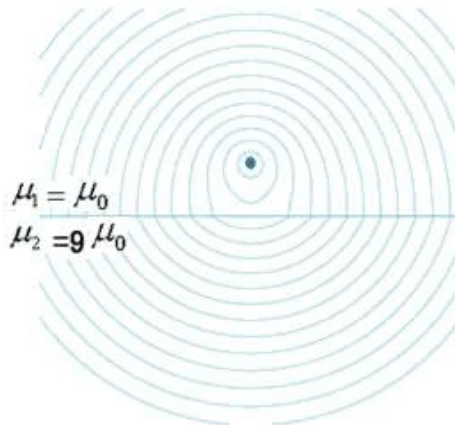
$$B_{1n} = B_{2n} \rightarrow \mu_1 \frac{I}{2\pi r} \cos \alpha + \mu_1 \frac{I'}{2\pi r} \cos \alpha = \mu_2 \frac{I''}{2\pi r} \cos \alpha \rightarrow \mu_1 (I + I') = \mu_2 I''$$

以后直接记住此公式即可，

注意电流所在位置与1、2的位置，

并且切记与静电场和恒定电场不同！

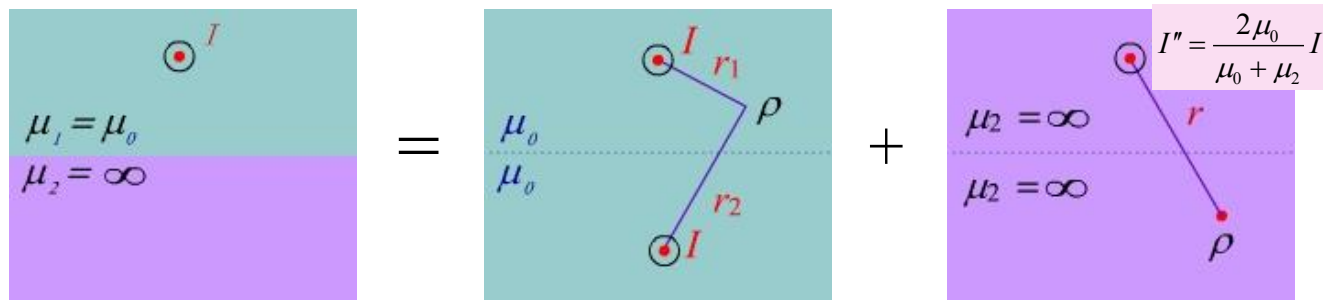
$$I' = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_2 + \mu_1} I, \quad I'' = \frac{2\mu_1}{\mu_2 + \mu_1} I$$



μ 反映对磁力线的导
通能力. 在分界面处 μ 大
的磁力线密集

恒定磁场的镜像法计算例2:

线电流 I 位于空气中, 试求磁场分布。



线电流 I 位于无限大铁板上方的镜像

解: 根据磁场镜像 $I' = \frac{\mu_2 - \mu_0}{\mu_0 + \mu_2} I = I$ $I'' = \frac{2\mu_0}{\mu_0 + \mu_2} I$

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I}{r_1} e_{\phi 1} + \frac{I'}{r_2} e_{\phi 2} \right)$$

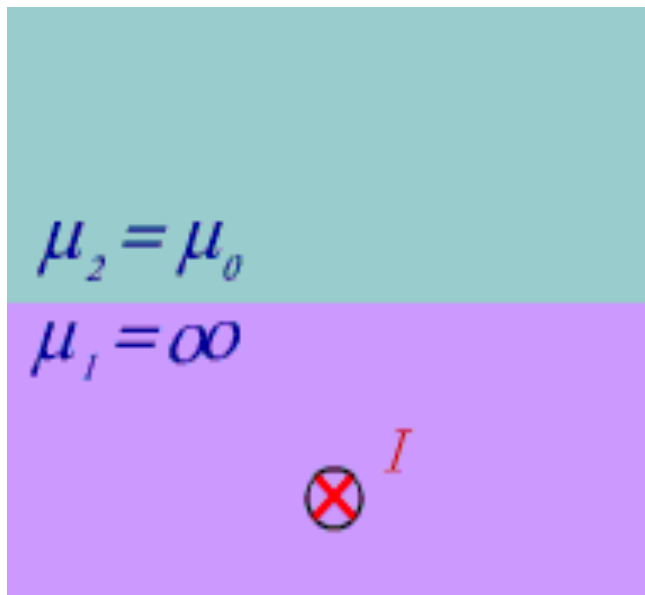
I' 可以近似 在有的前提下可 数据近似

$$B_2 = \mu_2 H_2 = \mu_2 \frac{I''}{2\pi r} = \mu_2 \left(\frac{2\mu_0}{\mu_0 + \mu_2} \right) \frac{I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I}{\pi r}$$

I'' 可以近似为有与没有 是有本质区别的

恒定磁场的镜像法计算例3:

若载流导体 I 置于铁磁物质中，此时磁场分布有什么特点？

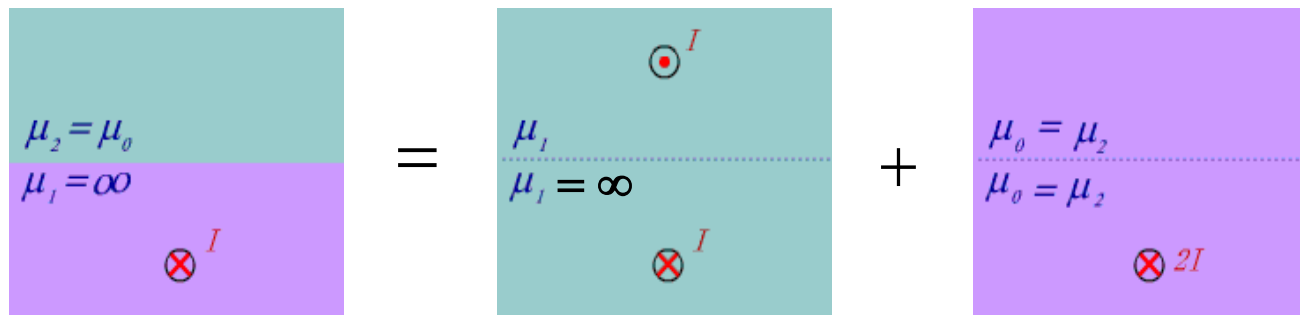


? 谁是 m 谁是 m' ?

电流所在的区域为 m .

恒定磁场的镜像法计算例3:

若载流导体 I 置于铁磁物质中，此时磁场分布有什么特点？



线电流 I 位于无限大铁磁平板中的镜像

解：根据磁场镜像

$$I' = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1 + \mu_2} I = -I$$

$$I'' = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} I = 2I$$

磁场分布的特点：

空气中的磁场为无铁磁物质情况下的二倍。

1. 电流 I

从铁磁材料到空气

↓

磁场叠加

↓

磁场为原来的二倍

作业十五

1. 分别写出两种材料的恒定磁场和静电场的镜像公式，
并分析为什么两种情况的镜像公式不同
2. 教材3-6-1
3. 教材3-6-2