真空中的恒定磁场

实验定律 安培力定律：

$$\vec{F}_{12}=\frac{\mu_0}{4\pi}\oint_{C_2}I_2 d\vec{l}_2\times\oint_{C_1}\frac{I_1 d\vec{l}_1\times\vec{e}_R}{R_{12}^2}$$

↓ 引入磁感应强度

$$\vec{B}(\vec{r})=\frac{\mu_0}{4\pi}\oint_C\frac{Id\vec{l}'\times\vec{R}}{R^3}$$

↓ 毕–萨定律

$$d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}'\times\vec{e}_R}{R^2}$$

磁通连续性定理积分形式：$\oint_S\vec{B}\cdot d\vec{S}=0$

磁通连续性定理微分形式：$\nabla\cdot\vec{B}=0$

安培环路定律积分形式：$\oint_C\vec{B}(\vec{r})\cdot d\vec{l}=\mu_0 I$

安培环路定律微分形式：$\nabla\times\vec{B}(\vec{r})=\mu_0\vec{J}(\vec{r})$

引入矢量磁位：$\vec{B}=\nabla\times\vec{A}$

$\nabla\times\nabla\times\vec{A}=\mu_0\vec{J}$

引入库仑规范：$\nabla\cdot\vec{A}=0$

磁矢位泊松方程：$\nabla^2\vec{A}=-\mu_0\vec{J}$

电流分布有限时矢量磁位公式：$\vec{A}=\frac{\mu_0}{4\pi}\int_\tau\frac{\vec{J}}{R}\mathrm{d}\tau'$

$\vec{J}=0$ 时引入标量磁位：

$\vec{B}/\mu_0=-\nabla\varphi_m$

$\nabla\cdot\vec{B}=0$

$\nabla^2\varphi_m=0$

介质中的恒定磁场

引入磁偶极子与磁偶极矩：$\vec{p}_m=i\Delta\vec{S}$

引入磁化强度：

$$\vec{M}=\lim_{\Delta V\to 0}\frac{\sum_i\vec{p}_{mi}}{\Delta V}$$

↓（线性各向同性磁介质）

$$=\chi_m\vec{H}$$

引入磁化电流：

$\vec{J}_M=\nabla\times\vec{M}$

$\vec{J}_{SM}=\vec{M}\times\vec{e}_n$

$$\vec{H}=\frac{\vec{B}}{\mu_0}-\vec{M}$$

$$\vec{B}=(1+\chi_m)\mu_0\vec{H}=\mu_r\mu_0\vec{H}=\mu\vec{H}$$

引入等效磁荷：

$\rho_m=-\mu_0\nabla\cdot\vec{M}$

$\rho_{mS}=-\mu_0\vec{e}_n\cdot(\vec{M}_2-\vec{M}_1)$

定义磁场强度

恒定磁场基本方程

$\nabla\cdot\vec{B}=0$　　$\oint_S\vec{B}\cdot d\vec{S}=0$

$\nabla\times\vec{H}=\vec{J}$　　$\oint_C\vec{H}\cdot d\vec{l}=\int_S\vec{J}\cdot d\vec{S}$

$\vec{B}=\nabla\times\vec{A}$

$\vec{J}=0$：$\vec{H}=-\nabla\varphi_m$

场量的边界条件

$\vec{e}_n\cdot(\vec{B}_1-\vec{B}_2)=0$

$\vec{e}_n\times(\vec{H}_1-\vec{H}_2)=\vec{J}_S$

标量磁位的边界条件

$$\mu_1\frac{\partial\varphi_{m1}}{\partial n}=\mu_2\frac{\partial\varphi_{m2}}{\partial n}$$

$\varphi_{m1}=\varphi_{m2}$

矢量磁位的边界条件

$\vec{A}_1=\vec{A}_2$

$$\vec{e}_n\times\left(\frac{1}{\mu_1}\nabla\times\vec{A}_1-\frac{1}{\mu_2}\nabla\times\vec{A}_2\right)=\vec{J}_S$$