分子电流磁矩. $\vec{m} = \underset{\text{小面积}}{i\,a}\,\vec{n}$ （i：小电流）

磁化强度 $M = \dfrac{\sum \vec{m}}{\Delta V}$

取底面积为 a，长为 dl 的柱体，其中每个分子电流都穿过柱体边界

分子电流总数为 $\oint_L \boxed{n\vec{a}\cdot d\vec{l}}$ 单位体积 ← 大的边界包住.

边界上磁化电流 $I_M = \oint_L i n \vec{a}\cdot d\vec{l} = \oint_L n\vec{m}\cdot d\vec{l} = \oint_L \vec{M}\, d\vec{l}$

$$\int_S \vec{J}_M \cdot d\vec{S} = \oint_L \vec{M}\, d\vec{l} = \int_S \nabla\times\vec{M}\cdot d\vec{S}$$

$\Rightarrow \vec{J}_m = \nabla\times\vec{M}$. 如果均匀极化，旋度为0 只在表面上形成宏观的磁化电流

外电场变化时，极化电荷的移动会产生极化电流

$$P = \frac{\sum e_i \vec{x}_i}{\Delta V}, \quad \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\sum e_i \vec{v}_i}{\Delta V} = \vec{J}_p,$$ 极化电流密度.

$J_s = J_p + J_m$. 总.诱导电流

$$\nabla\times\vec{B} = \mu_0\vec{J} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}.$$

$\Downarrow$

$$\nabla\times\vec{B} = \mu_0(J_f + \underbrace{J_p}_{\frac{\partial\vec{P}}{\partial t}} + \underbrace{J_M}_{\nabla\times\vec{M}}) + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial E}{\partial t}.$$

$$\nabla\times\left(\frac{B}{\mu_0} - M\right) = J_f + \frac{\partial D}{\partial t}.$$

$H = \frac{B}{\mu_0} - M$ （磁场强度）

$B = \mu_0(H + M)$

$M = M_0 + \chi_m H$ 对永磁体. $M_0 \neq 0$.

非永磁体，$M_0 = 0$，$\chi_m = C$. $\begin{cases} \text{顺磁}, & \chi_m > 0 \\ \text{逆} & \chi_m < 0 \end{cases}$

$$\begin{cases} \mu_r = \chi_m + 1, \\ \mu = \mu_0\mu_r \end{cases} \Rightarrow B = \mu H$$

$$\begin{cases} \nabla \times H = J_f + \dfrac{\partial D}{\partial t} \\ J_M = \nabla \times M. \\ B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 \mu_r H = \mu H \\ M = \chi_m H. \quad \mu = (1+\chi_m)\mu_0 = \mu_r \mu_0 \end{cases}$$

磁力线仍是闭合的. $\nabla \cdot \vec{B} = 0$