电场强度叠加原理：点电荷系电场中某点的电场强度等于各点点电荷单独存在时在该点电场强度的矢量和

电势叠加原理：在点电荷系产生的电场中，某点的电势等于各个点电荷单独存在时，在该点产生的电势的代数和

无极分子的**位移极化**

有极分子的**取向极化**

电场

电偶极矩（电矩）$\vec{p} = q\vec{l}$

电偶极子轴线延长线上一点的电场强度$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}[\frac{2rl}{(r^2-l^2/4)^2}]$当$r >> l$时$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2\vec{p}}{r^3}$

电偶极子轴线的中垂线上一点的电场强度$\vec{E} = \frac{ql}{4\pi\epsilon_0}[\frac{1}{(r^2-l^2/4)^{3/2}}]$当$r >> l$时$\vec{E} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}}{r^3}$

实心球体内部$E = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3}$

无限长直导线$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a}$

圆环电场强度$E = \frac{qx}{4\pi\epsilon_0(x^2+R^2)^{3/2}}$

圆盘电场强度$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}[1 - \frac{x}{(x^2+R^2)^{1/2}}]$

平行板电容器$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

电势

点电荷$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

电偶极子$\frac{\vec{p}\cdot\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$

圆环电势$\frac{2\pi R\lambda}{4\pi\epsilon_0\sqrt{R^2+x^2}}$即点电荷电势

圆盘电势$\frac{\sigma}{2\epsilon_0}(\sqrt{x^2+R^2} - x)$

电容

孤立导体球的电容$C = 4\pi\epsilon_0 R$

平行板电容器$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

极化

$\vec{P}=(\epsilon_r-1)\epsilon_0\vec{E},\vec{D}=\epsilon_0\epsilon_r\vec{E},\vec{E}=\frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$

带电体的静电能$W=\frac{1}{2}\int\limits_q\phi dq$

电容的静电能$W_e=\frac{Q^2}{2C}=\frac{1}{2}CU^2$

电场能量密度$w_e=\frac{1}{2}\epsilon E^2=\frac{1}{2}ED=\frac{1}{2}\frac{D^2}{\epsilon}$

电流

电流密度矢量$\vec{j}=nq\vec{u}$

恒定电流满足任意封闭面内$\frac{dq_{int}}{dt}=0$动态平衡

电导率单位：西门子/米（S/m）

$\vec{j}=\gamma\vec{E}$

电路上任意两点a、b之间的电势差为$\phi_a-\phi_b=U_{ab}=(\sum\pm IR)-(\sum\pm \mathrm{E})$路径与电流、电源电动势的方向一致为正

磁场

$d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Id\vec{l}\times\vec{e}_r}{r^2}$

直导线$B=\frac{\mu_0}{4\pi r_0}(\cos\alpha_1-\cos\alpha_2)$

无限长直导线$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

单个电流环$B=\frac{\mu_0 IR^2}{2(x^2+R^2)^{3/2}}$

圆环形电流中心的磁场$B=\frac{\mu_0 I}{2R}$

无限长螺线管$B=\mu_0 nI$

半无限长螺线管$B=\frac{\mu_0 nI}{2}$

安培环路定律$\oint\limits_l\vec{B}d\vec{l}=\mu_0 I$

无限长圆柱体

$$B=\begin{cases}\frac{\mu_0 I}{2\pi r} & r>R\\ \frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2} & 0<r<R\end{cases}$$

无限大平面$B=\frac{1}{2}\mu_0 j$

两个无限大平面$\mu_0 j|0|\mu_0 j$

位移电流密度$\vec{j}_d=\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}=\epsilon_0\epsilon_r\frac{\partial \vec{E}}{\partial t},I_d=\int_s\vec{j}_d\cdot d\vec{S}$

磁矩$\vec{m}=IS\vec{e}_n$

磁力矩$\vec{M}=IS\vec{e}_n\times\vec{B}$

霍尔电压$U_H=\frac{IB}{nqd}$霍尔系数$R_H=\frac{1}{nq}$

磁化

$\vec{B}=\mu_0\mu_r\vec{H}=\mu\vec{H}$

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

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

磁感应

旋转棒子$\epsilon_i=\frac{1}{2}B\omega L^2$

自感互感

互感系数定义1 $M_{12}=M_{21}=M=\frac{\Phi_{21}}{I_1}=\frac{\Phi_{12}}{I_2}$

互感系数定义2 $M=-\frac{\epsilon_1}{dI_2/dt}=-\frac{\epsilon_2}{dI_1/dt}$

先设某一线圈中通以电流 I -->求出另一线圈的磁通量-->M

自感定义1 $L=\Phi/I$

自感定义2 $L=-\epsilon_l/\frac{dI}{dt}$

单位亨利（H）

设电流 I -->根据安培环路定律求得H -->B-->Φ-->L

无限长螺线管$L=\mu n^2V$

自感线圈磁能$W_m=\frac{1}{2}LI^2$

磁场能量密度$w_m=\frac{B^2}{2\mu}=\frac{1}{2}\mu H^2=\frac{1}{2}BH$

麦克斯韦方程组

电场高斯定理$\oint_S\vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum q_{int}$

电场环流定理$\oint_L\vec{E}\cdot d\vec{l}=-\int_S\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

磁场高斯定理$\oint_S\vec{B}\cdot d\vec{S}=0$

磁场安培环路定理$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \sum I_c + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$

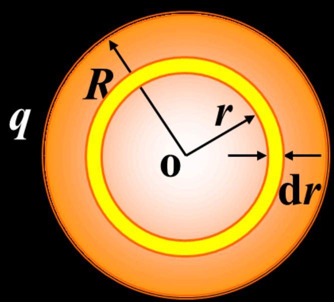
物态方程$\vec{D} = \epsilon_0\epsilon_r\vec{E}$ $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0\mu_r}$ $\vec{j} = \gamma\vec{E}$

一个带电系统的电场的总能量：

$$W = \int_V w_e \mathrm{d}V = \int_V \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}\mathrm{d}V$$

用场的概念表示的带电系统的能量

例2 真空中一个均匀带电球体 (R, q)，试利用电场能量公式求此带电系统的静电能。



$$\begin{cases} \vec{E}_1 = \dfrac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\vec{e}_r & r \le R \\ \vec{E}_2 = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r & r \ge R \end{cases}$$

$$\mathrm{d}V = 4\pi r^2 \mathrm{d}r$$

$$W = \int_V w_e \mathrm{d}V = \int_0^\infty \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} 4\pi r^2 \mathrm{d}r$$

$$= \int_0^R \frac{\varepsilon_0 E_1^2}{2} 4\pi r^2 \mathrm{d}r + \int_R^\infty \frac{\varepsilon_0 E_2^2}{2} 4\pi r^2 \mathrm{d}r$$

$$W = \int_0^R \frac{\varepsilon_0}{2}\left(\frac{qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\right)^2 4\pi r^2 \mathrm{d}r + \int_R^\infty \frac{\varepsilon_0}{2}\left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\right)^2 4\pi r^2 \mathrm{d}r$$

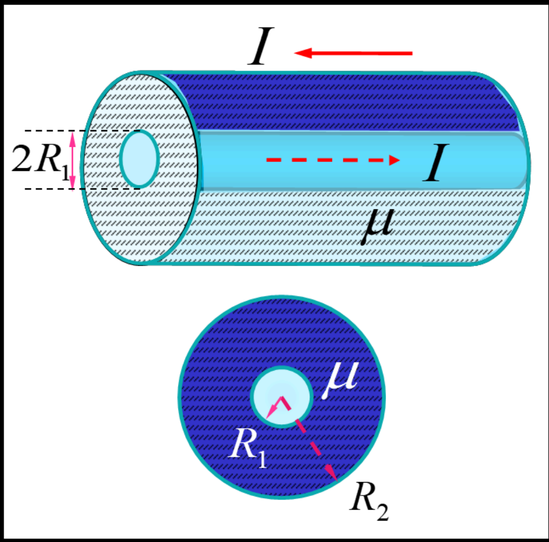
$$= \frac{3q^2}{20\pi\varepsilon_0 R}$$

另： $W = \dfrac{1}{2}\displaystyle\int_q \varphi \mathrm{d}q$

例 如图同轴电缆，中间充以磁介质，芯线与圆筒上的电流大小相等、方向相反。已知 R_1, R_2, I, μ，求单位长度同轴电缆的磁能和自感。设金属芯线内的磁场可略。

解： 由安培环路定律可求 H

$$\begin{cases} r < R_1, & H = 0 \\ R_1 < r < R_2, & H = \dfrac{I}{2\pi r} \\ r > R_2, & H = 0 \end{cases}$$



则 $R_1 < r < R_2$

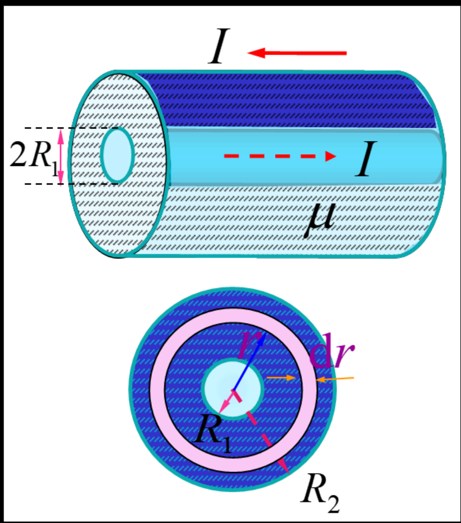
$$w_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{2}\mu\left(\frac{I}{2\pi r}\right)^2$$

$$R_1 < r < R_2 \qquad w_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2}\mu\left(\frac{I}{2\pi r}\right)^2 = \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$$

$$W_{\mathrm{m}} = \int_V w_{\mathrm{m}} \mathrm{d}V = \int_V \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2} \mathrm{d}V$$

单位长度壳层体积

$$\mathrm{d}V = 2\pi r \mathrm{d}r \cdot 1$$



$$W_{\mathrm{m}} = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu I^2}{4\pi r} \mathrm{d}r = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln\frac{R_2}{R_1}$$

$$\boxed{W_{\mathrm{m}} = \frac{1}{2} L I^2} \qquad L = \frac{\mu}{2\pi} \ln\frac{R_2}{R_1}$$