《电磁学》重要知识点归纳

(2020.6)

1、库仑定律： $\vec{F}_{12}=\dfrac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{e}_{12}$　　$\vec{F}_{12}$：q_1 对 q_2 的库仑力

$\hat{e}_{12}$：从 q_1 指向 q_2 方向的单位矢量

2、电场的高斯定理

真空中：$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum_{(S内)}q$

介质中：$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=\sum_{(S内)}q_0$　　q_0：自由电荷

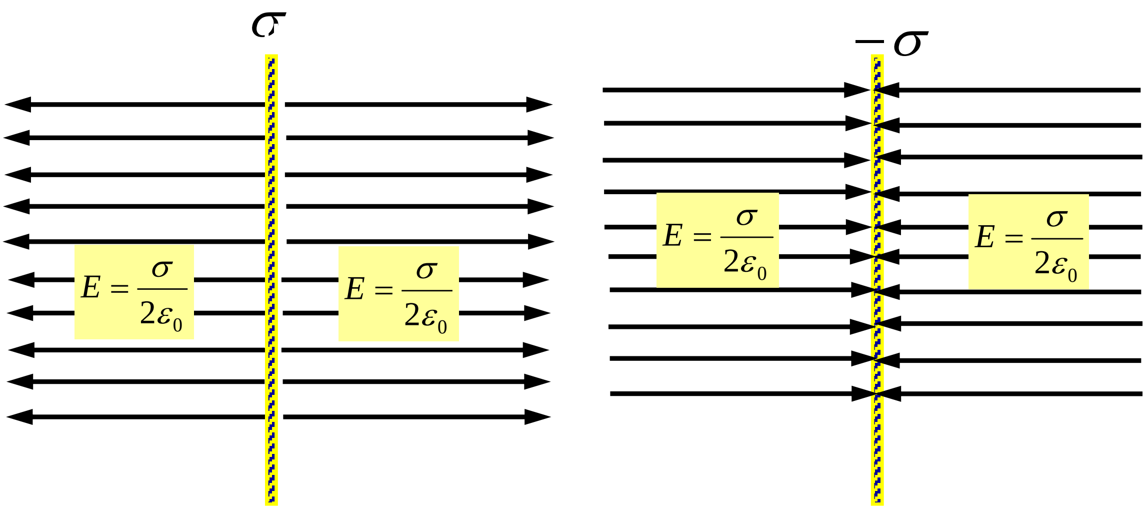
电位移：$\vec{D}=\varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}$　　电极化强度：$\vec{P}=(\varepsilon_r-1)\varepsilon_0\vec{E}$

3、点电荷的电场：球对称性！方向沿球面径向。

点电荷 q 的电场: $E(r)=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

点电荷 dq 的电场：$dE(r)=\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

4、无限大均匀带电平面（两侧为均匀电场）



5、电势与电势能：

电势： $V_a = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r}$ （b 为电势零点，$V_b = 0$ ）

某点的电势在数值等于单位正电荷在该点具有的电势能，也等于把单位正电荷从该点移到零电势点电场力所做的功。

电势能： $E_{pa} = q_0 V_a$

保守力做功与势能增量的关系：$W_{a\to b} = -\Delta E_p = E_{pa} - E_{pb}$

6、静电场的环路定理： $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ (说明静电场为保守场）

7、均匀带电球面的电场和电势：

$$E(r) = \begin{cases} 0 (r < R) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} (r > R) \end{cases} \qquad V = \begin{cases} \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} (r \le R) \\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} (r > R) \end{cases}$$（球面及面内等电势）

8、导体(或金属)静电平衡的特点：

（1）导体内部场强处处为 0；

（2）导体表面的电场强度方向垂直于导体表面；

（3）导体外靠近导体表面处的电场强度大小与表面附近处的电荷面密度成正比，即 $E_{表} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$（导体放在真空中）；$E_{表} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$（导体放在电介质中）；

（4）导体是一等势体，其表面为等势面；

（5）导体内部无净余电荷，净余电荷只能分布在导体的表面。

9、电容的定义式： $C = \dfrac{Q}{\boldsymbol{U}}$

电容器的 C 只与两导体的形状、大小、相对位置及周围介质有

关，与 Q 、U 无关！

10、常见电容器的电容：

孤立导体球的电容：$C=4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 R$　　（ε_r 为周围电介质的相对电容率）

平板电容器：　$C=\dfrac{\varepsilon_r\varepsilon_0 S}{d}$

球形电容器：$C=\dfrac{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 R_1R_2}{R_2-R_1}$

柱形电容器：$C=\dfrac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 l}{\ln(R_2/R_1)}$　　（l 为柱形电容器长度）

11、电容的串并联（与电阻的串并联公式相反）

电容串联：$\dfrac{1}{C}=\sum\limits_i\dfrac{1}{C_i}$　　　　电容并联：$C=\sum\limits_i C_i$

12、带电体系的静电能：

（1）点电荷系的静电能：$W_e=\sum\limits_i\dfrac{1}{2}q_iU_i$

（2）连续分布带电体的静电能：$W_e=\dfrac{1}{2}\int Udq$

13、带电电容器的电能：

$$W_e=\frac{Q^2}{2C}=\frac{1}{2}\mathrm{QU}=\frac{1}{2}CU^2$$　（因为 $Q=CU$）

14、静电场能量的一般公式： $W_e=\iiint\limits_V w_e\cdot dV$

其中，静电场能量密度：$w_e=\dfrac{1}{2}DE=\dfrac{1}{2}\varepsilon_r\varepsilon_0E^2$

15、电介质中：

（1）电极化强度：$\vec{P}=\lim\limits_{\Delta V\to 0}\dfrac{\sum\vec{p}_e}{\Delta V}$　　　$\vec{P}=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)\vec{E}$

（2）极化电荷面密度：$\sigma'=\vec{P}\cdot\hat{e}_n$　　$\hat{e}_n$：介质的外法向单位矢量（由介质内垂

直指向介质外的法线方向）

（3）有电介质时求解问题的顺序：先求 $\vec{D} \rightarrow$ 再求 $\vec{E} \rightarrow$ 再求 $\vec{P}$、σ'、U

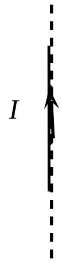
16、磁通量公式： $\phi_m = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$

17、磁场的高斯定理： $\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

因为磁感应线是闭合的，所以穿过**任意闭合曲面**的磁感应线的**净条数**为 0！

18、常见载流导线周围的磁场：

无限长载流直导线

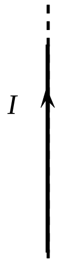


$B_P = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

r 为 P 点离导线的距离

磁感应线为一圈一圈同心圆，绕向与电流构成右手关系

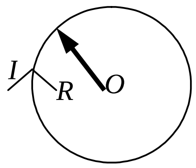
半无限长载流直导线



$B_P = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}$

r 为 P 点离导线的距离

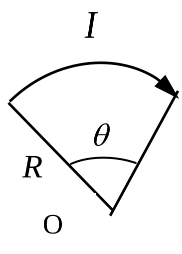
载流圆线圈



$B_o = \dfrac{\mu_0 I}{2R}$

$\vec{B}_0$ 方向：与电流构成右手关系

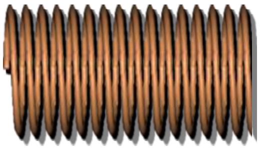
载流圆弧



$B_o = \dfrac{\mu_0 I}{2R} \cdot \dfrac{\theta}{2\pi}$

$\vec{B}_0$ 方向：与电流构成右手关系

无限长直螺线管
（管内为均匀磁场）

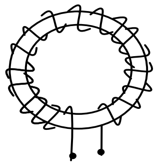


$B=\mu_0 nI$ （管内为真空）

$B=\mu_0\mu_r nI$ （管内为磁介质）

n：单位长度的匝数

细螺绕环（管内近似为均匀磁场）
（**注意：粗环**内为**非均匀磁场！**）



$B\approx\mu_0 nI$ （管内为真空）

$B\approx\mu_0\mu_r nI$ （管内为磁介质）

19、安培环路定理：

$$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_{(L内)}I_i$$ （真空中）

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum_{(L内)}I_0$$ （磁介质中） I_0：导体内自由电流 $\vec{B}=\mu\vec{H}$

20、磁介质中：

（1）磁化强度：$\vec{M}=\lim\limits_{\Delta V\to 0}\dfrac{\sum\vec{m}}{\Delta V}$ $\vec{M}=\chi_m\vec{H}=(\mu_r-1)\vec{H}$ $\vec{m}$：磁矩

（2）面磁化电流密度：$\vec{i}\,'=\vec{M}\times\hat{e}_n$ $\hat{e}_n$:介质的外法向单位矢量

（3）有磁介质时求解问题的顺序：先求 $\vec{H}\to$ 再求 $\vec{B}\to$ 再求 $\vec{M}$、$\vec{i}\,'$

21、洛伦兹力： $\vec{f}_m=q\vec{v}\times\vec{B}$

22、安培力： $d\vec{F}=Id\vec{l}\times\vec{B}$ $\vec{F}=\int_a^b Id\vec{l}\times\vec{B}$

23、霍耳电压公式： $U_H=\dfrac{IB}{nqd}$ （U_H：霍耳电压，n:载流子浓度，d:导体板平行于磁场方向的尺寸）

24、磁矩(磁偶极矩)： $\vec{m}=IS\cdot\vec{e}_n$ （$\hat{e}_n$ 是线圈平面法线方向，而且是与电流构成**右手**的法线方向）

磁力矩： $\vec{M}=\vec{m}\times\vec{B}$

25、磁介质分类：

顺磁质：$\mu_r > 1$；　　抗磁质：$\mu_r < 1$；　　铁磁质：$\mu_r >> 1$

26、法拉第电磁感应定律： $\varepsilon_i = -\dfrac{d\phi_m}{dt}$

27、动生电动势： $\varepsilon_i = \int_{(-)}^{(+)} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

28、自感系数： $L = \dfrac{\phi_m}{I}$　　自感电动势：$\varepsilon_L = -L\dfrac{dI}{dt}$

互感系数：$M = \dfrac{\phi_{M21}}{I_1} = \dfrac{\phi_{M12}}{I_2}$　　互感电动势：$\varepsilon_{12} = -M\dfrac{dI_2}{dt}$，$\varepsilon_{21} = -M\dfrac{dI_1}{dt}$

29、自感线圈内的磁场能量： $W_m = \dfrac{1}{2}LI^2$

磁场能量的一般公式：$W_m = \int_V w_m dV$

磁场能量密度：$w_m = \dfrac{B^2}{2\mu} = \dfrac{1}{2}BH = \dfrac{1}{2}\mu H^2$　（因为 $B = \mu H$ ）

30、位移电流：本质是指**变化的电场**！

位移电流密度： $\vec{j}_d = \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

位移电流强度： $I_d = \dfrac{d\phi_D}{dt} = \iint_S \dfrac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

31、麦克斯韦电磁场方程：

$$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \iiint_\Omega \rho_0 dV \qquad \nabla \cdot \vec{D} = \rho_0$$

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

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \qquad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_S \left(\vec{j}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S} \qquad \nabla \times \vec{H} = \vec{j}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

32、坡印廷矢量：即电磁波的能流密度矢量！单位时间流出单位横截面的电磁场能量称作坡印廷矢量。

定义式： $$\vec{S} = \frac{1}{\mu_o}\vec{E}\times\vec{B} = \vec{E}\times\vec{H}$$