大学物理知识点梳理

1.静电场

1.电场强度

库仑定律：$F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1q_2}{r^2}e_r$

电场强度：定义：$E=\frac{F}{q_0}$

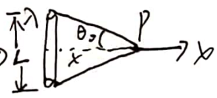
点电荷q激发的电场强度：$E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}e_r$

线电荷密度为λ的无限长均匀带电直线 $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

面电荷密度为σ的无限大均匀带电平面 $E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

均匀带电圆环在轴线上的电场分布 $E=\frac{qx}{4\pi\varepsilon_0(x^2+R^2)^{\frac{3}{2}}}$

长为L的均匀带电直线中垂线上 $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}\sin\theta_0$ →



线密度为λ的一段圆弧的圆心处 $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R}\sin\theta_0$ →

积分求场强时，分别求出 dE_x 与 dE_y，积分后合并 E_x、E_y。

2.静电场的高斯定理

电通量：$\Phi=E\cdot S$

静电场的高斯定理：$\Phi_e=\oint_S E\cdot dS=\frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{(S)}q_i$

真空中静电场E对任一闭合曲面S的通量等于S面内电荷量的代数和除以ε_0，与S面外的电荷无关。

高斯定理揭示了静电场是有源场

3.静电场的环路定理

静电场的环路定理：$\oint_L E\cdot dl=0$

环路定理证明了静电场为保守场、无旋场

4.电势能和电势

电势：$U_p=\int_p^{\infty}E\cdot dl$ / $V=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ / $V=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$ $\quad U_p=\frac{W_p}{q_0}$

电势能：$W_p=q_0\int_p^{p_0}E\cdot dl$ （P_0为势能零点）

电势差：$U_a-U_b=\int_a^b E\cdot dl$

5.导体

静电场中的导体

1. 电荷分布在表面，内部场强处处为零
2. 导体表面电场强度：$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$
3. 导体表面曲率越大，电荷密度越大
4. 导体是等势体，表面是等势面，但场强并非处处相等

6.有电介质时的静电场、环路定理和高斯定理

电介质·高斯定理：$\oint D\cdot dS=\sum q_{内}$

电位移：$D=\varepsilon_0\varepsilon_r E$

介质中：$D=\varepsilon_0\varepsilon_r E \rightarrow E=\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}$

真空中：$D=\varepsilon_0 E \rightarrow E=\frac{D}{\varepsilon_0}$

7.电容

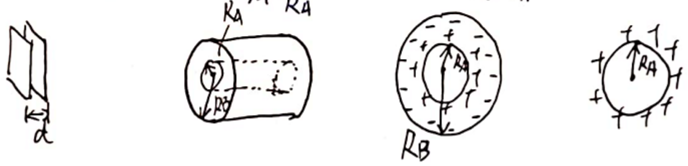
电容：$C=\frac{Q}{U}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d}$　$1\mu F=10^{-6}F$　$1pF=10^{-12}F$

极板间电场强度：$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}=\frac{U}{d}=\frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon_r}=\frac{2F}{Q}$

电势差：$U=\frac{q}{C}=E\cdot d$

极板间相互作用力：$F=\frac{1}{2}E\cdot q$

常见电容器	平行板电容器	圆柱形电容器	球形电容器	孤立导体电容器
真空中	$C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$	$C=\frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln\frac{R_B}{R_A}}$	$C=4\pi\varepsilon_0\frac{R_A R_B}{R_B-R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0 R_A$
介质ε_r	$C=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d}$	$C=\frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r l}{\ln\frac{R_B}{R_A}}$	$C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r\frac{R_A R_B}{R_B-R_A}$	$C=4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_A$



8.电场能量

电场能：$W=\int_V w_e\,dV$　$\boxed{w_e=\frac{1}{2}DE=\frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r E^2 \text{ 电场能密度}}$

$W=\frac{Q^2}{2C}$

2.磁场

1.电流

电流：$dI=\frac{dq}{dt}=j\cdot dS$

2.电动势

电动势：$\varepsilon=\int_-^+ E_k\cdot dl$

$=\oint_L E_k\cdot dl$

3.磁场的高斯定理

磁通量：$\Phi_m=B\cdot S$（穿出为正，穿入为负）

磁场的高斯定理：$\oint_S B\cdot dS=0$　⇒磁场是有旋场

4.比奥萨法尔定律

毕奥-萨伐尔定律：$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl \times e_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{Idl \times r}{r^3}$

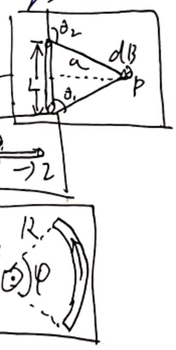
长为L的载流直导线外距离导线a处：$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

无限长载流直导线外距离a处：$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$

圆电流圆心处 $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

一段圆弧导线在圆心处 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\varphi$

螺绕环/无限长密绕直螺线管内部 $B = \mu_0 n I$



5.磁场的安培环路定理

磁场的安培环路定理：$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 \sum_i I_{i内}$

真空中恒定电流的磁场B沿任一闭合回路的积分(即B的环流)等于μ_0乘以该闭合回路所包围的电流的代数和。

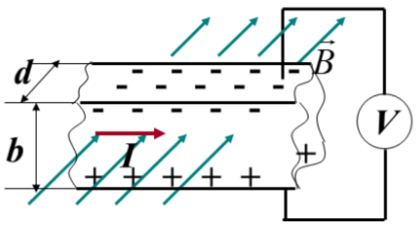
6.霍尔效应

实验表明：

$U_1 - U_2 \propto \frac{IB}{d}$

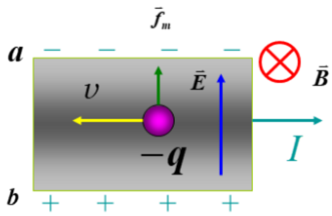
写成：$U_1 - U_2 = R_H \frac{IB}{d}$

R_H称为霍耳系数。



区分半导体材料

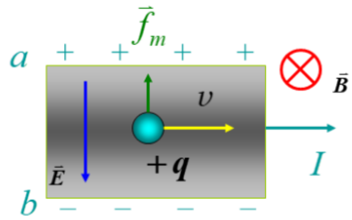
—— 霍耳系数的正负与载流子电荷性质有关



n 型半导体

$u_a < u_b$

$K < 0$



p 型半导体

$u_a > u_b$

$K > 0$

7.安培力

安培力：$dF = Idl \times B$

$F = BIL$

8.磁矩与磁力矩

磁矩：$m = ISe_n$

磁力矩：$M = m \times B$

9.有磁介质的安培环路定理

有磁介质的安培环路定理：$\oint B \cdot dl = \mu_0 \sum I = \mu_0 \sum (I_c + I_m)$

$\oint_L H \cdot dl = \sum I_c$

磁场强度：$H = \frac{B}{\mu_0} - M$

磁化率：χ_m

$B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 (1 + \chi_m) H = \mu_0 \mu_r H = \mu H$

3.变化的电磁场

1.法拉第电磁感应定律

法拉第电磁感应定律：$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$

2.动生电动势

动生电动势：$\varepsilon_i = \int_L (v \times B) dl = \int_a^b (v \times B) \cdot dl$

$\varepsilon = Blv$

3.感生电动势

感生电动势：$\oint_L E_i \cdot dl = -\int_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS$

$\oint_S E_i \cdot dS = 0$

$\varepsilon_i = \int_L E_i \cdot dl = \int_a^b E_i \cdot dl$

4.自感和互感

自感: $L = \frac{\Phi}{I}$

$\varepsilon = L\frac{dI}{dt}$

5.磁场的能量

磁场的能量: $W_m = \int_V dW_m = \int w_m dV = \frac{1}{2}\int_V B \cdot H dV$

$W_m = \frac{1}{2}LI^2$（自感磁能）

磁能密度: $w_m = \frac{W_m}{V} = \frac{1}{2}B \cdot H = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu} = \frac{1}{2}\mu H^2$

6.位移电流

位移电流: $I_d = \int_S \frac{\partial D}{\partial t} dS$

7.麦克斯韦方程组

1. 电场高斯定理—电场是有源场，电荷总伴随着电场: $\oint \vec{D}d\vec{S} = \sum q = \int_V \rho dV$

2. 磁场高斯定理—磁场是无源场，磁力线闭合: $\oint \vec{B}d\vec{S} = 0$

3. 变化的电场产生磁场: $\oint \vec{H}d\vec{l} = I + I_d = \int_S \vec{j}d\vec{S} + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}d\vec{S}$ （全电流安培环路定理）

4. 变化的磁场一定伴随着电场: $\oint \vec{E}d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}d\vec{S}$

4.公式整理

库仑定律

$F=\frac{kq_1q_2}{r^2}e_r$

电场强度

$E=\frac{F}{q_0}$

点电荷场强

$E=\frac{kq}{r^2}e_r$

连续带电体场强

$E=\int dE=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}e_r$

静电场的高斯定理

$\oint E dS=\frac{q}{\varepsilon_0}=\varphi_e$

穿过一封闭曲面的电通量与封闭曲面~~内部~~所包围的电荷量成正比

静电场的环流定理

$\oint_L E\cdot dr=0$

在静电场中，场强沿任意闭合路径的线积分等于0

电势

$V_a=\frac{W_a}{q_0}=\int_a^{(0)}E\cdot dr$

点电荷电势 $V_a=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

连续带电体电势 $V_a=\int dV_a=\int\frac{dq}{4\pi\varepsilon_0 r}$

导体表面场强与电荷密度的关系

$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ $Q=\sigma S$ $U=Ed$

平行板电容器

$C=\varepsilon\frac{S}{d}$ $C=\frac{Q}{U}$

圆柱形——

$C=\frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$

球形——

$C=4\pi\varepsilon\frac{R_1R_2}{R_2-R_1}$

并联电容器

$C=\sum C_i$

串联电容器

$\frac{1}{C}=\sum\frac{1}{C_i}$

电场的能量

电容器 $W_e=\frac{Q^2}{2C}=\frac{1}{2}QU=\frac{1}{2}CU^2$

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

电场的能量 $W_e=\int w_e dV=\int\frac{1}{2}\varepsilon E^2 dV$

运动电荷的磁场：

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \times e_r}{r^2}$$

毕奥—萨伐尔

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \times \vec{r}}{r^2}$$

磁场的高斯定理

$$\oint_S B \cdot dS = 0$$

通过任意闭合曲面的磁通量都为0

安培环路

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 \sum I_{内}$$

磁感应强度B沿任何闭合路径的线积分等于这闭合路径包围的各个电流的代数和乘磁导率

磁矩

$$m = I \cdot S$$

磁力矩

$$M = m \times B$$

洛伦兹力

$$F = q v \times B$$

~~安培环~~

安培力

$$dF = I dl \times B$$

电动势

$$\varepsilon = \frac{E_k}{q}$$

法拉第电磁感应定律

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

感应电量

$$q = -\frac{\Delta\phi}{R}$$

动生电动势

$$\varepsilon = \int_L (v \times B) dl$$