知识点

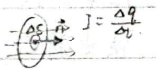
2022年2月22日 星期二　　下午2:09

稳恒电流

一、稳恒条件.

1. 电流强度和电流密度.

电流强度：$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}$.

电流密度：$j=\frac{\Delta I}{\Delta S}$，$\vec{j}=\frac{\Delta I}{\Delta S_0}\vec{n}$.  $\Delta I=j\Delta S_0=\vec{j}\cdot\Delta\vec{S}$，$I=\iint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}$.

2. 电流连续方程.

闭合曲面S围成V，流出电量＝电量减少量.

流出 $\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}$，减少 $-\frac{\Delta q}{\Delta t}=-\frac{d}{dt}\iiint_V\rho_e dV=-\iiint_V\frac{\partial\rho_e}{\partial t}dV$. $\therefore\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}=-\frac{dq}{dt}$.

高斯公式 $\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}=\iiint_V\nabla\cdot\vec{j}\,dV$，则 $\nabla\cdot\vec{j}=-\frac{\partial\rho_e}{\partial t}$.

电流线起止于电荷随时间变化的地方(出现电荷累积处).

3. 稳恒条件.

$\frac{dq}{dt}=0$，$\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}=0$.　$\frac{\partial\rho_e}{\partial t}=0$，$\nabla\cdot\vec{j}=0$.

二、欧姆定律.

1. 欧姆定律

载流子定向运动，导体内要有电场，导体两端有电压U. $I=\frac{U}{R}$. $\vec{j}=\sigma\vec{E}$

电阻R，电导 $G=\frac{1}{R}$，$R=\rho\frac{l}{S}$，电阻率 ρ，电导率 $\sigma=\frac{1}{\rho}$.

 $\Delta I=\frac{\Delta U}{R}$. $\Delta I=j\Delta S$，$R=\rho\frac{\Delta l}{\Delta S}=\frac{\Delta l}{\sigma\Delta S}$. $\Delta U=E\Delta l$

$\therefore j\Delta S=\frac{E\Delta l}{\frac{\Delta l}{\sigma\Delta S}}$，$\vec{j}=\sigma\vec{E}$ (欧姆定律微分形式)

2. 焦耳定律.

电场做功 $\Delta A=U\Delta q=UI\Delta t$，电功率 $P_e=\frac{\Delta A}{\Delta t}=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$. → 转化为热量.

热功率密度 $p=\frac{P}{V}=\frac{I^2R}{V}$　$\Delta I=j\Delta S$，$R=\frac{\Delta l}{\sigma\Delta S}$，$\frac{j^2\Delta S^2\frac{\Delta l}{\sigma\Delta S}}{\Delta l\Delta S}\Rightarrow p=\frac{j^2}{\sigma}$. (微分形式)

3. 经典电子论解释

金属原子失去电子 → 正离子. 外电场E，电子 $\vec{a}=-\frac{\vec{E}e}{m}$ $\begin{cases}\text{运动}\Rightarrow\text{电流}\\\text{碰撞}\Rightarrow\text{发热}\end{cases}$

碰撞，电子散射，整体 $\vec{u}_0=0$. 受电场加速，整体 $\vec{u}_1=-\frac{\vec{E}e}{m}\tau$

平均自由程 $\bar{\lambda}$，平均热运动速率 $\bar{v}$，$\tau=\frac{\bar{\lambda}}{\bar{v}}$. 漂移速度 $\vec{u}=\frac{1}{2}(\vec{u}_0+\vec{u}_1)=\frac{1}{2}\vec{u}_1$

 $V=\bar{u}\Delta t\Delta S$，$\Delta q=n\bar{u}\Delta t\Delta Se=\Delta I\Delta t=j\Delta S\Delta t$，$j=nue$. $\vec{j}=-n\vec{u}e=\frac{ne^2\bar{\lambda}}{2m\bar{v}}\vec{E}$

4. 欧姆定律的失效问题 (电场强，$\vec{j}\vec{E}$非线性；低压电离；非线性元件)

三、电源与电动势

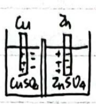
1. 电源及其电动势.

仅有静电场无法维持稳恒电流，需要提供非静电力.

电源内部非静电力场 $\vec{K}$，使电源内 $\vec{j}=\sigma(\vec{E}+\vec{K})$. 电源外部 $\vec{j}=\sigma\vec{E}$.

电源内电动势 $\varepsilon=\int_-^+\vec{K}\cdot d\vec{l}$，回路L电动势 $\varepsilon=\oint_L\vec{K}\cdot d\vec{l}$.

2. 常见电源

① 化学电池  放电：$U_1-U_1'+U_2'-U_2=U_1-U_2=\varepsilon=1.1V$.

充电：外电路电源 $\varepsilon'=U_3-U_4$，反应逆向.

② 光电池　光电效应发射电子.

③ 温差发电器　不同导体连接成回路，连接结点温度不同，产生电动势. $\varepsilon=a\Delta T$.

④ 核能电池　放射源将α粒子发射至收集板，形成静电场至 $Uq=E_{k_0}$ 平衡.

$2e\int_A^B\vec{K}\cdot d\vec{r}=\frac{1}{2}mv_0^2$，$\varepsilon=\int_A^B\vec{K}\cdot d\vec{r}$.

⑤ 直流发电机 (电磁感应).

3. 全电路欧姆定律.

外电路接通，$\vec{E}+\vec{K}=\frac{\vec{j}}{\sigma}$. 电源两端电压 $U=\int_+^-\vec{E}\cdot d\vec{l}$. 外部积分 $U=\int_+^-\frac{\vec{j}}{\sigma}\cdot d\vec{l}=IR$

内部积分 $U=\int_{-(内)}^{+}\vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_{-(内)}^{+}\vec{K}\cdot d\vec{l}+\int_{+(内)}^{-}\frac{\vec{j}}{\sigma}\cdot d\vec{l}=\varepsilon-I\int_{-(内)}^{+}\frac{\rho}{S}dl=\varepsilon-Ir$.　$\varepsilon=IR+Ir$

4. 稳恒电路的特点.

稳恒条件 $\nabla\cdot\vec{j}=0$. $\vec{j}=\sigma\vec{E}$，$\nabla\cdot(\sigma\vec{E})=0$. σ均匀，$\nabla\cdot\vec{E}=0$. 又 $\nabla\cdot\vec{E}=\frac{\rho}{\varepsilon}=0$，$\rho=0$. 无净电荷.

外电路中 $\vec{j}=\sigma\vec{E}$，电流线和电力线方向一致. 内电路 $\vec{j}$ 由 $\sigma(\vec{E}+\vec{K})$ 决定.

5. 稳恒电路中静电场的作用：调节电荷分布；能量中转.

四、基尔霍夫定律.

1. 相关概念：节点(多条导线汇合). 支路(节点间). 回路 & 独立回路.

2. 基尔霍夫定律.

① 汇合于任意节点处电流代数和为零，$\Sigma I=\Sigma I_{出}-\Sigma I_{入}=0$. n个节点，n-1个方程.

② 电路中任一闭合回路的全部支路上电压代数和为零，

$\Sigma U=\Sigma(\pm\varepsilon\pm Ir\pm IR)=0$. 绕行方向与电流流向决定正负.