电流与电路

2021年6月21日 21:05

3.1 电流强度定义 $I=\frac{dQ}{dt}$

3.2 电流密度定义 $\vec{j}=\frac{\Delta I}{\Delta S_0}\vec{n}_0$

3.3 导体中的电流密度 $\vec{j}=\frac{dQ\cdot\vec{n}_0}{dt\cdot dS}=\frac{ned S d\vec{l}}{dt\,dS}=ne\frac{d\vec{l}}{dt}=ne\vec{v}$

3.4 通过曲面S的电流强度 $I=\iint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}$

3.5 电流连续性方程的积分形式 $\oint\!\!\!\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}=-\frac{d}{dt}\iiint_V\rho_e dV$

3.6 电流连续性方程的微分形式 $\nabla\times\vec{j}+\frac{\partial\rho_e}{\partial t}=0$

3.7 稳恒条件的积分形式 $\oint\!\!\!\oint_S\vec{j}\cdot d\vec{S}=0$

3.8 稳恒条件的微分形式 $\nabla\times\vec{j}=0$

3.9 欧姆定律的微观形式 $\vec{j}=\sigma\vec{E}$

3.10 电阻率的定义 $\rho=\frac{1}{\sigma}$

3.11 一般情况下的欧姆定律的微观形式 $\vec{j}=\sigma(\vec{E})\vec{E}$

3.12 导线相距为l的两个横截面的电势差 $U=\int\vec{E}\cdot d\vec{l}=\int\rho\vec{j}\,d\vec{l}=I\int\frac{\rho dl}{S}$

3.13 两等势面间导体的电阻 $R=\int\frac{\rho dl}{S}$

3.14 一段导体的欧姆定律 $U=IR$ 或 $I=\frac{U}{R}$

3.15 :温度变化范围不大时电阻率与温度的线性关系 $\rho=\rho_0(1+\alpha T)$

3.16 :温度变化范围不大时电阻随温度的变化关系 $R=R_0(1+\alpha T)$

3.17 电阻随温度变化的较精确的关系式 $R=R_0(1+0.003985T-0.000000586T^2)$

$dA = \vec{F}\cdot d\vec{l} = Nq\vec{E}\cdot d\vec{l} = Nq\vec{E}\cdot\vec{v}dt$

3.18 电流的功率 $P = \frac{dA}{dt} = Nq\vec{v}\cdot\vec{E} = (nqvS)(\vec{E}\cdot\Delta\vec{l}) = IU$

3.19 电流的功率 $P = I^2R = \frac{U^2}{R}$

3.20 电场做的功 $\Delta A = I^2R\Delta t$

3.21 焦耳定律 $Q = \Delta A = I^2R\Delta t$

3.22 焦耳定律的微分形式 $p = \frac{P}{\Delta V} = \frac{I}{S}\cdot\frac{U}{\Delta l} = \vec{j}\cdot\vec{E} = \frac{j^2}{\sigma}$

3.23 介质分界面两边的电位移矢量 $(D_{2n} - D_{1n}) = \sigma_0$ σ_0:分界面上的自由面电荷密度

$(\varepsilon_0\varepsilon_{r2}E_{2n} - \varepsilon_0\varepsilon_{r1}E_{1n}) = \sigma_0$

$\varepsilon_{r1}\approx 1,\quad \varepsilon_{r2}\approx 1$

3.24 不同界面上的电流密度的关系 $\sigma_0 = \varepsilon_0\left(\frac{j_{2n}}{\sigma_2} - \frac{j_{1n}}{\sigma_1}\right) = \varepsilon_0(\rho_2 j_{2n} - \rho_1 j_{1n})$

3.25 导体分界面上自由电荷的积累 $Q_0 = \sigma_0 S = \varepsilon_0(\rho_2 I_2 - \rho_1 I_1) = \varepsilon_0 I(\rho_2 - \rho_1)$

$Q_0 \approx 5\times10^{-18}C$

$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = v_0t + \frac{1}{2}\frac{q}{m}Et^2$

$\langle s\rangle = \frac{1}{2}\left(\frac{q}{m}\right)E\langle t^2\rangle$

$u = \langle\frac{s}{\tau}\rangle$

$\langle t^2\rangle = 2\tau^2$

3.26 导体中的电流密度(欧姆定律的微分形式) $\vec{j} = nq\vec{u} = n\frac{q^2}{m}\tau\vec{E}$

3.27 金属导电的德鲁特模型 $\sigma = n\frac{q^2}{m}\tau$

$\lambda = \langle u\rangle\tau$

3.28 德鲁特模型下电导率与温度的关系 $\sigma = n\frac{q^2\lambda}{m\langle u\rangle} \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$

$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$

$\oiint_S \vec{j}\cdot d\vec{s} = 0$

$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$

$\oiint_S \vec{j}\cdot d\vec{s} = 0$

$\vec{j} = \sigma\vec{E}, \quad \vec{D} = \varepsilon\vec{E}$

3.29 边值关系 $\vec{n}\times(\vec{E}_1-\vec{E}_2)=0, \quad \vec{n}\cdot(\vec{j}_1-\vec{j}_2)=0$

$$C = \frac{Q}{\Delta U} = \frac{\varepsilon\iint_S \vec{E}\cdot d\vec{s}}{\int_+^- \vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{I}{\Delta U} = \frac{\sigma\iint_S \vec{E}\cdot d\vec{s}}{\int_+^- \vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

3.30 漏电时间常数 $RC = \frac{\varepsilon}{\sigma} = \rho_\varepsilon$

3.31 欧姆定律向稳恒电路的推广 $\vec{j} = \sigma(\vec{E}+\vec{K})$

3.32 电动势 $\mathcal{E} = \int_{-}^{+} \vec{K}\cdot d\vec{l}$ （电源内部）

3.33 闭合回路的电动势 $\mathcal{E} = \oint_L \vec{K}\cdot d\vec{l}$

3.34: 温差电动势 $\mathcal{E} = (S_B-S_A)(T_2-T_1)$

S_A, S_B 分别是两种材料的 Seebeck 系数

$$\oint(\vec{E}+\vec{K})\cdot d\vec{l} = \oint \frac{\vec{J}}{\sigma}\cdot d\vec{l} = \int_{外} \frac{\vec{J}}{\sigma}\cdot d\vec{l} + \int_{内} \frac{\vec{J}}{\sigma}\cdot d\vec{l}$$

$$\int_{外} \frac{\vec{J}}{\sigma}\cdot d\vec{l} = I\int_{外} \frac{dl}{\sigma S} = IR$$

$$\int_{内} \frac{\vec{J}}{\sigma}\cdot d\vec{l} = I\int_{内} \frac{dl}{\sigma S} = Ir$$

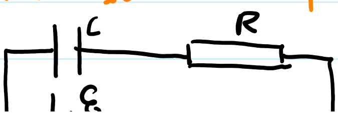
3.35 全电路欧姆定律 $\mathcal{E} = I(R+r)$

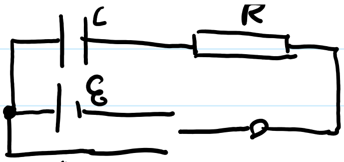
3.36 基尔霍夫第一方程 $\sum_i I_i = 0$

3.27 基尔霍夫第二方程 $\sum U = \sum(\pm\mathcal{E} \pm Ir \pm IR) = 0$

3.28 基尔霍夫方程的完备性 $\begin{cases} \sum_i I_i = 0, & i = 1,2,\cdots,n-1 \\ \sum_j U_j = 0, & j = 1,2,\cdots,k-n-1 \end{cases}$

k: 支路数目 n: 节点数.





$$IR+\frac{q}{C}=\varepsilon$$

$$R\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=\varepsilon$$

$$q\big|_{t=0}=0$$

3.39 电容的充电过程 $q=q_0(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ $\tau=RC$，R-C回路的时间常数

3.40 电容的充电过程 $I=I_0e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$W_c=\int_0^\infty I(t)U_c(t)dt=\int_0^\infty\frac{\varepsilon^2}{R}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})e^{-\frac{t}{\tau}}dt=\frac{C\varepsilon^2}{2}$$

$$W_R=\int_0^\infty I^2(t)R\,dt=\int_0^\infty\frac{\varepsilon^2}{R}e^{-\frac{2t}{\tau}}dt=\frac{\varepsilon^2\tau}{2R}=\frac{C\varepsilon^2}{2}$$

$$W=\int_0^\infty I(t)\varepsilon\,dt=\int_0^\infty\frac{\varepsilon^2}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}dt=\frac{\varepsilon^2\tau}{R}=C\varepsilon^2$$

$$R\frac{dq}{dt}+\frac{1}{C}q=0$$

$$q\big|_{t=0}=q_0$$

3.41 电容的放电过程 $q=q_0e^{-\frac{t}{\tau}}$

3.42 电容的放电过程 $I=I_0e^{-\frac{t}{\tau}}$