静電界

真空中

真空の誘電率 $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \, [\mathrm{Fm}^{-1}]$

クーロンの法則
$$F = rac{1}{4\piarepsilon_0}rac{oldsymbol{r}_0-oldsymbol{r}_1}{oldsymbol{|r_0-r_1|}^3}Q_0Q_1$$

ガウスの法則
$$\operatorname{div} \boldsymbol{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \oint_S \boldsymbol{E} \cdot \mathrm{d} \boldsymbol{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

電界保存
$$\operatorname{curl} \boldsymbol{E} = 0(\boldsymbol{B} = \operatorname{const})$$

電荷密度
$$\rho = \lim_{\delta v \to 0} \frac{\delta Q}{\delta v} [\text{Cm}^{-3}]$$

電荷
$$Q = \int \rho dv [C]$$

電位
$$V = -\int_{\infty}^{p} \boldsymbol{E} \cdot d\boldsymbol{S} V \quad \boldsymbol{E} = -\operatorname{grad} V$$

ポアソン方程式
$$\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

静電容量 $C = Q/V$ [F, CV⁻¹

静磁界

真空中

真空の透磁率 $\mu_0 = 4\pi/10^7 \, [\mathrm{Hm}^{-1}]$

磁極のクーロンの法則
$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \frac{r_0 - r_1}{|r_0 - r_1|^3} q_{m0} q_{m1}$$

磁極の定義より
$$\operatorname{div} \boldsymbol{H} = \frac{\rho_m}{\mu_0} \quad \oint_S \boldsymbol{H} \cdot \mathrm{d} \boldsymbol{S} = \frac{q_m}{\mu_0}$$

磁束保存
$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0(\text{Maxwell4})$$
 $\oint_{\mathbf{C}} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$

真電流がないなら
$$\operatorname{curl} \boldsymbol{H} = 0(\boldsymbol{J} = 0, \boldsymbol{D} = \operatorname{const})$$

磁界の強さ
$$H$$
 [Am⁻¹]

磁束密度
$$\boldsymbol{B}[T, Wbm^{-2}]$$

ビオ・サバールの法則
$$\delta m{B} = rac{\mu_0}{4\pi} rac{I \mathrm{d} m{s} imes m{r}}{r^3}$$

アンペールの法則
$$\oint_C m{B} \cdot \mathrm{d} m{s} = \mu_0 I$$
 $\mathrm{curl} \, m{B} = \mu_0 m{J}$ $m{U} = m{V} m{V} \, m{J}$ $m{F} = q(m{E} + m{v} imes m{B})$

分極の強さ $P = \rho_0 \delta r \, [\mathrm{Cm}^{-2}]$

分極電荷の体積密度 $\rho_P = -\operatorname{div} \mathbf{P} [\operatorname{Cm}^{-3}]$

分極電荷
$$Q_P = \int_{v} \rho_P dv = -\oint_{S} \mathbf{P} \cdot d\mathbf{S} [C, FV]$$

電東密度
$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E} + \boldsymbol{P} [\mathrm{Cm}^{-2}]$$

ガウスの法則
$$\operatorname{div} \boldsymbol{D} = \rho(\operatorname{Maxwell3})$$
 $\oint_{\mathcal{S}} \boldsymbol{D} \cdot \mathrm{d} \boldsymbol{S} = Q$

等方性誘電体
$$P = \chi E = \chi_S \varepsilon_0 E$$

分極率
$$\chi$$
 [C²N⁻¹m⁻²] 比分極率 χ_s [-]

$$D = \varepsilon E = \varepsilon_0 \varepsilon_s E$$

誘電体の誘電率 $\varepsilon[\mathrm{Fm}^{-1}]$ 比誘電率 $\varepsilon_s[-]$

電界のエネルギー密度
$$\frac{1}{2} \boldsymbol{E} \cdot \boldsymbol{D}$$

磁性体

磁気モーメントの強さ $oldsymbol{m} = I \Delta oldsymbol{S} \left[\mathrm{Am}^2
ight]$

磁化の強さ
$$M = \Delta m/\Delta v [\mathrm{Am}^{-1}]$$

磁極の強さの体積密度
$$ho_m = -\operatorname{div}(\mu_0 \boldsymbol{M}) \, [\mathrm{Wbm}^{-3}]$$

磁極の強さ
$$q_m = \int_v \rho_m \mathrm{d}v \left[\mathrm{Wb}, \mathrm{Tm}^2 \right]$$

磁界の強さ
$$H = \frac{\int_{u_0}^{v_0} \mathbf{B}}{u_0} - \mathbf{M} [\mathrm{Am}^{-1}]$$

磁気分極
$$J_m = \mu_0 M [T]$$

$$\boldsymbol{B} = \mu_0 \boldsymbol{H} + \boldsymbol{J_m}$$

アンペールの法則
$$\oint_C oldsymbol{H} \cdot \mathrm{d}s = I_f$$
 $\operatorname{curl} oldsymbol{H} = oldsymbol{J_f}$

等方性磁性体
$$M = \chi H$$

磁化率
$$\chi[-]$$

$$\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H} = \mu_s \mu_0 \boldsymbol{H}$$

磁性体の透磁率 μ [Hm⁻¹] 比透磁率 μ_s [-]

磁界のエネルギー密度
$$\frac{1}{2} \boldsymbol{H} \cdot \boldsymbol{B}$$

定常電流界

電界は保存的 (KVL) $\operatorname{curl} \mathbf{E} = 0$

電流
$$I = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = \int_{S} \boldsymbol{J} \cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S} \left[\mathbf{A}, \mathbf{C} \mathbf{s}^{-1} \right]$$

電流連続
$$\operatorname{div} \boldsymbol{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \to \operatorname{div} \boldsymbol{J} = 0(\operatorname{KCL})$$

オームの法則
$$V = RI$$
 $\boldsymbol{J} = \sigma \boldsymbol{E} = \frac{\boldsymbol{E}}{\sigma}$

抵抗
$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{l}{\sigma S} [\Omega, VA^{-1}]$$

導電率 $\sigma [\Omega^{-1} m^{-1}]$ 抵抗率 $\rho [\Omega m]$

起電力 (ファラデーの電磁誘導の法則)
$$e = \oint_C \mathbf{E} \cdot \mathrm{d}\mathbf{s} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} [\mathrm{V}]$$

磁気回路

真電流
$$\boldsymbol{J}$$
 がないなら $\operatorname{curl} \boldsymbol{H} = 0$

磁束
$$\Phi = \int_{S} \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{S} [Wb, Tm^{2}]$$

磁束保存
$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$$

$$NI = R_m \Phi$$
 $\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H} = \frac{\boldsymbol{H}}{\mu}$

磁気抵抗
$$R_m = \frac{l}{\mu S} [A/Wb]$$

透磁率 $\mu \, [\mathrm{Hm}^{-1}]$ 磁気抵抗率 $\nu \, [\mathrm{H}^{-1}\mathrm{m}]$

起磁力
$$NI = \oint_C \boldsymbol{H} \cdot d\boldsymbol{s} [A]$$

マックスウェル方程式

ファラデーの電磁誘導の法則
$$\operatorname{curl} m{E} = - \frac{\partial m{B}}{\partial t}$$
 がウスの法則 $\operatorname{div} m{D} =
ho$ 一様なら $m{D} = arepsilon m{E}$

アンペール+変位電流
$$\operatorname{curl} \boldsymbol{H} = \boldsymbol{J} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}$$
 磁束保存 $\operatorname{div} \boldsymbol{B} = 0$ 一様なら $\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H}$