電磁気学公式集

クーロンの法則

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

静電場

離散的に分布している場合 $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t) = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\displaystyle\sum_i \frac{q_i}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r_i}|^3}(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r_i})$

連続的に分布している場合 $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t) = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\displaystyle\int \frac{\rho(\boldsymbol{r}')}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}'|^3}(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}')\,dV'$

ガウスの法則

$$\int_S \varepsilon_0 \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t)\cdot d\boldsymbol{S} = \int_V \boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{r},t)\,dV$$

電位の定義

$$\varphi(\boldsymbol{r}) = -\int_{\boldsymbol{r_0}}^{r} \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})\cdot d\boldsymbol{l} \qquad \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) = -\nabla\varphi(\boldsymbol{r})$$

電気容量

$$Q = C\phi$$

電場のエネルギー密度

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

ガウスの定理

$$\int_S \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})\cdot d\boldsymbol{S} = \int_V \nabla\cdot\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})dV$$

静電場の渦なしの法則

$$\oint_C \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{l} = 0$$

ストークスの定理

$$\oint_C \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{l} = \int_S (\nabla\times\boldsymbol{E})\cdot d\boldsymbol{S}$$

ポアッソン方程式

$$\triangle\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{r},t) = -\frac{\boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{r},t)}{\varepsilon_0}$$

電流密度

$$d\boldsymbol{I} = \boldsymbol{j}\cdot d\boldsymbol{S}$$

伝導電荷密度

$$\boldsymbol{j} = \rho\boldsymbol{v}$$

オームの法則

$$I = \frac{V}{R}$$

電気伝導率

$$\boldsymbol{j} = \sigma \boldsymbol{E}$$

抵抗率

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

ジュール熱

$$W = IV = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

電荷保存則

$$\int_S \boldsymbol{j}(\boldsymbol{r}, t) dS = -\int_V \frac{\partial}{\partial t} \rho(\boldsymbol{r}, t) dV$$

ローレンツ力

$$\boldsymbol{F} = q \left[\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) + \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) \right]$$

磁束

$$\Phi = \int_S \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) \cdot d\boldsymbol{S}$$

磁場が電流に及ぼす力

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{I} \times \boldsymbol{B}$$

ビオ・サヴァールの法則

$$d\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{\boldsymbol{I} d\boldsymbol{l} \times (\boldsymbol{r} - \boldsymbol{l})}{|\boldsymbol{r} - \boldsymbol{l}|^{\boldsymbol{3}}}$$

アンペールの法則

$$\nabla \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = 0 \ , \ \nabla \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = \mu_0 \boldsymbol{j}(\boldsymbol{r})$$

ヴェクトル・ポテンシャル

$$\nabla \times \boldsymbol{A}(\boldsymbol{r}) = \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r})$$

$$\boldsymbol{A}\left(\boldsymbol{r}\right) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\boldsymbol{j}(\boldsymbol{r}')}{|\boldsymbol{r} - \boldsymbol{r}'|} dV', \boldsymbol{A}\left(\boldsymbol{r}\right) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \frac{I}{|\boldsymbol{r} - \ell|} d\ell$$

補助場 $\boldsymbol{H}$

$$\nabla \times \boldsymbol{H} = \boldsymbol{j}(\boldsymbol{r}) \ , \ \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}) = \mu_0 \left\{ \boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}) + \boldsymbol{M}(\boldsymbol{r}) \right\}$$

補助場 $\boldsymbol{D}$

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E} + \boldsymbol{\rho} \ , \ \boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E}$$

起電力

$$\varepsilon = \oint_C \boldsymbol{F}(\ell) \cdot d\ell$$

誘導起電力

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

自己インダクタンス

$$\Phi = LI$$

相互インダクタンス

$$\Phi_{ij} = L_{ij} I_j$$

磁場のエネルギー

$$u = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

変位電流

$$\varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t)$$

Maxwell の方程式

$$\nabla \cdot \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t) = \frac{\boldsymbol{\rho}(\boldsymbol{r}, t)}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t) = -\frac{\partial \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t)}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t) = \boldsymbol{0}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}, t) = \boldsymbol{j}(\boldsymbol{r}, t) + \varepsilon_0 \frac{\partial \boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t)}{\partial t}$$

$$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}, t) = \mu_0 \left[\boldsymbol{H}(\boldsymbol{r}, t) + \boldsymbol{M}(\boldsymbol{r}, t) \right]$$

スカラー・ポテンシャル

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}, t) = -\nabla \varphi \left(\boldsymbol{r}, t \right) - \frac{\partial}{\partial t} A \left(\boldsymbol{r}, t \right)$$

2 つのポテンシャルの関係式

$$\nabla \left(\nabla \cdot \boldsymbol{A} \right) - \nabla^2 \boldsymbol{A} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \nabla \boldsymbol{\varphi} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} \nabla \boldsymbol{A} = \mu_0 \boldsymbol{j}$$

ゲージ変換

$$\nabla \times \boldsymbol{A} = \nabla \times \left(\boldsymbol{A} + \nabla \boldsymbol{\chi} \right) = \boldsymbol{B} \ , \ \boldsymbol{\varphi}' = \boldsymbol{\varphi} - \frac{\partial \boldsymbol{\chi}}{\partial t}$$

ローレンス・ゲージ

$$\nabla \cdot \boldsymbol{A} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \boldsymbol{\varphi}}{\partial t}$$

$$\nabla^2 \boldsymbol{\varphi} \left(\boldsymbol{r}, t \right) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{\varphi} \left(\boldsymbol{r}, t \right)}{\partial t^2} = -\frac{\boldsymbol{\rho} \left(\boldsymbol{r}, t \right)}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla^2 \boldsymbol{A} \left(\boldsymbol{r}, t \right) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{A} \left(\boldsymbol{r}, t \right)}{\partial t^2} = -\mu_0 \boldsymbol{j} \left(\boldsymbol{r}, t \right)$$

電磁波の波動方程式

$$\nabla^2 \boldsymbol{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{E}}{\partial t^2} \ , \ \nabla^2 \boldsymbol{B} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{B}}{\partial t^2}$$

ポインティング・ヴェクトル

$$\boldsymbol{S}=\frac{1}{\mu_0}\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{B}$$

実効値

$$\sqrt{<\varepsilon^2>}=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T\varepsilon\left(t\right)^2dt}=\frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$$

インピーダンスとリアクタンス

$$Z=\frac{\varepsilon_0}{I_0}=R+iX$$

利得

$$\frac{V_{out}}{V_{in}}$$

電力と力率

$$<P(t)>=<\varepsilon I>=\frac{1}{2}\varepsilon_0\left|I_0\right|\cos\delta$$