クーロンの法則

電荷に働く力 $\boldsymbol{F} = \dfrac{Q\,q}{4\pi\varepsilon r^2}\,\boldsymbol{a}_r$

電界 $\boldsymbol{E} \equiv \dfrac{\boldsymbol{F}}{q} = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}\,\boldsymbol{a}_r$

ポテンシャル $\phi(r) = -\displaystyle\int_\infty^r \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{r}$

$$\oint_c \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{l} = 0 = \int_S \nabla\times\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{S}$$

静電界の特徴 $\nabla\times\boldsymbol{E} = \boldsymbol{0} \Longrightarrow \boldsymbol{E} = -\nabla\phi$

ラプラスの方程式 $\nabla^2\phi = 0$

ポアソンの方程式 $\nabla^2\phi = -\dfrac{\rho}{\varepsilon}$

$$\phi(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\int_{v'}\frac{\rho(r')}{r}\,dv'$$

空間に蓄えられる単位体積当たりのエネルギー

$$W_e = \frac{\boldsymbol{E}\cdot\boldsymbol{D}}{2}$$

ガウスの法則

電束密度 $\boldsymbol{D} = \varepsilon\boldsymbol{E}$

$$\Phi = \oint_S \boldsymbol{D}\cdot d\boldsymbol{S} = \int_v \nabla\cdot\boldsymbol{D}\,dv = Q = \int_v \rho\,dv$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{\nabla\cdot\boldsymbol{D} = \rho}$$

境界条件

電荷保存則

$$\nabla\cdot\boldsymbol{J} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$$

電流 $I = \displaystyle\int_S \boldsymbol{J}\cdot d\boldsymbol{S}$

電流密度 $\boldsymbol{J} = \sigma\boldsymbol{E}$

抵抗 $R = \dfrac{V}{I} = \dfrac{-\int_a^b \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{r}}{\int_S \sigma\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{S}}$

静電容量

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\oint_S \varepsilon\boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{S}}{-\int_a^b \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{r}}$$

アンペアの周回積分の法則

$$\oint_c \boldsymbol{H}\cdot d\boldsymbol{l} = I$$
$$= \int_S \nabla\times\boldsymbol{H}\cdot d\boldsymbol{S} = \int_S \boldsymbol{J}\cdot d\boldsymbol{S}$$

$$\Rightarrow \quad \nabla\times\boldsymbol{H} = \boldsymbol{J}$$

磁荷が無い $\boxed{\nabla\cdot\boldsymbol{B} = 0}$

$$\Downarrow$$

$$\boldsymbol{B} = \nabla\times\boldsymbol{A}$$

$$\nabla^2\boldsymbol{A} = -\mu\boldsymbol{J}$$

境界条件

電流に働く力

$$\boldsymbol{F} = \boldsymbol{I}\times\boldsymbol{B} = q\,\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$$

磁束密度 $\boldsymbol{B} = \mu\boldsymbol{H}$

ビオサバールの法則

$$d\boldsymbol{H} = \frac{I\,d\boldsymbol{l}\times\boldsymbol{a}_r}{4\pi\,r^2}$$

$$\boldsymbol{A}(r) = \frac{\mu}{4\pi}\int_{v'}\frac{\boldsymbol{J}(r')}{r}\,dv'$$

磁気エネルギー $W_m = \dfrac{\boldsymbol{H}\cdot\boldsymbol{B}}{2}$

インダクタンス

$L = \dfrac{\Psi}{I}$ Ψ 鎖交磁束

ローレンツ力 $\boldsymbol{F} = q\,(\,\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$

ファラデーの電磁誘導法則（レンツの法則）

$$emf = -\frac{d\Phi}{dt} \Longrightarrow \oint_c \boldsymbol{E}\cdot d\boldsymbol{l} = -\int_S \frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot d\boldsymbol{S} \Rightarrow \boxed{\nabla\times\boldsymbol{E} = -\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}}$$

変位電流 $\dfrac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}$

Maxwell の方程式

$$\boxed{\nabla\times\boldsymbol{H} = \boldsymbol{J} + \frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}} \qquad \nabla\times\boldsymbol{E} = -\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{B} = \boldsymbol{0} \qquad \nabla\cdot\boldsymbol{D} = \rho$$

境界条件

波動方程式 $\nabla^2\boldsymbol{E} - \varepsilon\mu\dfrac{\partial^2\boldsymbol{E}}{\partial t^2} - \sigma\mu\dfrac{\partial\boldsymbol{E}}{\partial t} = 0$ $(\,\boldsymbol{J} = \rho = 0\,)$

$\nabla^2\boldsymbol{A} + k^2\boldsymbol{A} = -\mu_0\boldsymbol{J}$ 境界条件

Poyinting Vector $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$

$\boldsymbol{E}\,(r,t) = \boldsymbol{E}_0\exp\left[\,j\,(\,\omega\,t \pm k\,r\,)\,\right]$ 平面波