Gauss 법칙

$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v$: 부피전하 밀도

$\oint_S \vec{D} \cdot \hat{u}_N \, ds = Q_{in}$

전속밀도

$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$

전기력

$\vec{F} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$

$\vec{F} = q_2 \vec{E}$

전계 (전기장)

$\vec{E} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q_1}{r^2} \hat{r}$

$\vec{F} = -\vec{\nabla} E_p$

$E_p(A) - E_p(B) = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$

$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$

$V_{AB} = V(A) - V(B) = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$

전기 위치에너지

$E_p = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q_1 q_2}{r}$

$E_p = q_2 V$

전위

$V = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} \dfrac{q_1}{r}$

$V(A) = -\int_{기준점}^{A} \vec{E} \cdot d\vec{l}$

: A점에서의 전위

* 전하가 저장한 전기에너지

$$W_E = \frac{1}{2} \sum_i q_i \underbrace{V_i}_{\text{전위}}$$

$$= \frac{1}{2} \int_{v} \rho_v \underbrace{V}_{\text{전위}} \underbrace{dv}_{\text{미소 부피}}$$

전하가 존재하는 곳의 부피

부피 전하 밀도

$$= \frac{1}{2} \int_v (\vec{\nabla} \cdot \vec{D}) \, V \, dv$$

$$= \frac{1}{2} \int_v \vec{D} \cdot \vec{E} \, dv$$

$$= \frac{1}{2} \varepsilon_0 \int_v E^2 \, dv$$

* 전기 에너지 밀도 (단위 부피당 전기에너지)

$$u_E = \frac{1}{2} \vec{D} \cdot \vec{E} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$$

* 전하가 저장한 전기에너지

$$W_E = \frac{1}{2} \int_v \rho_v V \, dv$$

$$= \frac{1}{2} \int_v \vec{D} \cdot \vec{E} \, dv = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \int_v E^2 \, dv$$

전류 : $I = \int_S \vec{J} \cdot \hat{u}_N \, ds$

$\hat{u}_N$: 전류 방향으로의 면 S의 단위법선 벡터

$\vec{J} = nq\vec{v} = \rho_v \vec{v}$: 전류 밀도 (A/m^2)

$\vec{v}$: 전하의 속도 (m/s)

연속방정식 : $\boxed{\dfrac{\partial \rho_v}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{J} = 0}$

$$\vec{E} \rightarrow \vec{D} \rightarrow \rho_v \rightarrow \vec{J} \longrightarrow \vec{v}$$

$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$ $\quad \rho_v = \nabla \cdot \vec{D}$ $\quad \vec{J} = \rho_v \vec{v}$ $\quad \vec{v} = \dfrac{1}{\rho_v} \vec{J}$

$\vec{v}$: 전하(전류)의 속도

* 도체

$\vec{v} = -\mu_e \vec{E}$: 표류속도(평균속도)

μ_e : 이동도 (mobility) $\left(m^2/V\text{-}sec \right)$

$$\vec{J} = nq\vec{v} = \rho_v \vec{v} = \rho_e \vec{v} = -\mu_e \rho_e \vec{E} = \sigma \vec{E} \equiv \frac{\text{전류}}{\text{단면적}} = \frac{I}{A}$$

$\sigma = -\mu_e \rho_e$: 전도율 or 도전율 (conductivity) $\left(\dfrac{1}{\Omega m} \right)$

$V = IR$: 옴의 법칙

$$R = \frac{L}{A\sigma} = \frac{(\text{이동거리})}{(\text{단면적})(\text{전도율})}$$