$\{x|x \in 07$ **年度**, $x \notin 09$ **年度** $\}$

2

$\boldsymbol{j} = qn\langle v\rangle$ に数値を代入する。

$$n = \text{（単位体積当たりのキャリア数）} = \text{（単位体積当たりの原子数）} = \frac{6.0 \times 10^{23}}{(64/9.0) \times 10^{-3}}$$

$$|\boldsymbol{j}| = \frac{I}{S} = \frac{10 \times 10^{-3}}{(0.05 \times 10^{-3})^2 \pi}$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19}$$

計算したら 9.42[cm/s] になった。まあこんなものだと思う。

3

界面を $x = 0$、電荷 q の位置が $\begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ としたとき、鏡像殿下 $-q$ を $\begin{pmatrix} -a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ においてやればまるっと解決すると思われる

(a)

点 $\boldsymbol{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ での電位は

$$\Phi(x,\ y,\ z) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{(x-a)^2 + y^2 + z^2} - \frac{q}{(x+a)^2 + y^2 + z^2}\right]$$

界面 $x = 0$ での電荷分布は

$$\sigma = -\varepsilon_0 \Phi_x(0,\ y,\ z) = \frac{-aq}{2\pi(a^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

(b)

鏡像殿下との Coulomb 力

$$\boldsymbol{F} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q^2}{(2a)^2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

4

分極を $\boldsymbol{P}$、磁化を $\boldsymbol{M}$ として、$\boldsymbol{D} = \varepsilon_0 \boldsymbol{E} + \boldsymbol{P},\ \boldsymbol{H} = \frac{1}{\mu_0}\boldsymbol{B} - \boldsymbol{M}$ と定義すると、物質中の Maxwell 方程式は

$$\begin{cases} (1)\ \nabla \times \boldsymbol{H} & = \boldsymbol{j} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \\ (2)\ \nabla \cdot \boldsymbol{D} & = \rho \\ (3)\ \nabla \times \boldsymbol{E} & = \frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \\ (4)\ \nabla \cdot \boldsymbol{B} & = 0 \end{cases}$$

$\boldsymbol{B} = \nabla \times \boldsymbol{A},\ \boldsymbol{E} = -\nabla\phi - \frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t}$ 　を導入すると (3) と (4) は自動的に成り立つ。
(1) を電磁ポテンシャルの式に書き換えると

$$\nabla \times (\frac{1}{\mu_0}\nabla \times \boldsymbol{A} - \boldsymbol{M}) = \boldsymbol{j} + \frac{\partial}{\partial t}\left(-\varepsilon_0\nabla\phi - \varepsilon_0\frac{\partial \boldsymbol{A}}{\partial t} - \boldsymbol{P}\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\mu_0}\left((\nabla(\nabla\cdot\boldsymbol{A}) - \nabla^2\boldsymbol{A}\right) - \nabla\times\boldsymbol{M} = \boldsymbol{j} - \varepsilon_0\nabla\left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right) - \varepsilon_0\frac{\partial^2\boldsymbol{A}}{\partial t^2} - \frac{\partial\boldsymbol{P}}{\partial t}$$

ローレンツゲージの式 $\frac{\partial\phi}{\partial t} = -c^2\nabla\cdot\boldsymbol{A}$ 　を用いて ϕ を消去して整理すると

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\boldsymbol{A}}{\partial t^2} - \nabla^2\boldsymbol{A} = \mu_0\left(\boldsymbol{j} + \frac{\partial\boldsymbol{P}}{\partial t} + \nabla\times\boldsymbol{M}\right)$$

$\frac{\partial\boldsymbol{P}}{\partial t}$ は誘導電流、$\nabla\times\boldsymbol{M}$ は磁化電流だと思う。そうであれ。
また、(2) を $\boldsymbol{A}$ と ϕ で書き換えると

$$\nabla\cdot\left(-\varepsilon_0\nabla\phi - \varepsilon_0\frac{\partial\boldsymbol{A}}{\partial t} - \boldsymbol{P}\right) = \rho$$

$$\Leftrightarrow -\varepsilon_0\nabla^2\phi - \varepsilon_0\nabla\cdot\frac{\partial\boldsymbol{A}}{\partial t} - \nabla\cdot\boldsymbol{P} = \rho$$

ここで

$$\nabla\cdot\frac{\partial\boldsymbol{A}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}(\nabla\cdot\boldsymbol{A}) = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\phi}{\partial t^2}$$

であるから

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\phi}{\partial t^2} - \nabla^2\phi = \frac{1}{\varepsilon_0}\left(\rho - \nabla\cdot\boldsymbol{P}\right)$$

$\nabla\cdot\boldsymbol{P}$ の項の物理的意味は私にはまだ早いようです（わかりません。）