

四訂水谷研究室物理数学基礎知識例題

(第6回；マックスウエル方程式・電子回路)

1.クーロン力とは、

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{ただし } K = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2} \text{ (MKS)}$$

である。

2.クーロンポテンシャルは、

$$U = K \frac{q_1 q_2}{r}$$

である。

3.マックスウエル方程式は、

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{(MKS)}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi \vec{j}}{c}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 4\pi \rho \quad \text{(cgs)}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

4.ガウスの法則を説明せよ。

5.電荷の保存則は、

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div } \vec{i} = 0$$

6.感受率 χ 、誘電率 ϵ 、分極 P 、電束密度 D 、電場 E 、屈折率 n との関係は、

$$D = \epsilon_0 E + P = \epsilon_0 E + \epsilon_0 \chi E = \epsilon \epsilon_0 E = n^2 \epsilon_0 E \quad \text{(MKS)}$$

$$D = E + 4\pi P = E + 4\pi \chi E = \epsilon E = n^2 E \quad \text{(cgs)}$$

また B と H との関係は、

$$B = \mu \mu_0 H \quad \text{(MKS)} \quad B = \mu H \quad \text{(cgs)}$$

7.ローレンツ力は

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad \text{(MKS)} \quad \vec{F} = q\left(\vec{E} + \frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}\right) \quad \text{(cgs)}$$

8.ベクトルポテンシャルとスカラーポテンシャルで場を表すと、

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} \phi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad \text{(MKS)}$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} \phi - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \quad \vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad \text{(cgs)}$$

9.マックスウエルの電磁波の方程式は、

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \epsilon \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (\text{cgs})$$

その解は、

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \exp(i \vec{k} \cdot \vec{r} - i \omega t) \quad \epsilon \omega^2 = c^2 k^2$$

10. コンデンサー、抵抗、コイルは

$$Q = CV \quad \int I dt = CV$$

$$V = RI$$

$$V = L \frac{\partial I}{\partial t}$$

の関係を満たす。

11. OPアンプの動作の基本は、

1) 入力の2本の端子の電位差は0である。(Imaginary short)

2) 入力の2本の端子に流れ込んだり流れ出る電流は0である。

3) 出力の端子からは十分の電流が出る。

である。さて、OPアンプを用いて、+2倍、-1倍の増幅回路を作れ。

12. MKSでは、 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

13. 平面波 $\vec{E} = \vec{E}_0 \exp(i \vec{k} \cdot \vec{r} - i \omega t)$ に対する演算子に対しては、次の置き換えが成立する。

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} &\rightarrow i\vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial t} &\rightarrow -i\omega \end{aligned}$$

14. 下のRC回路のコンデンサーに電荷を充電した後、その電荷量はどのように減衰していくか？

15. トランジスタ、ダイオード、論理反転素子、とFETの回路記号を書け。フリップフロップとは何か説明せよ。

