

[第10回目] マックスウエル方程式と電磁波

考える内容

- 電磁気の基本法則のまとめ
- 物理用語

変位電流 (密度) $i_d = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$

今日の授業の目標

マックスウエル方程式

$$\begin{aligned} \operatorname{div} \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} && (\text{電気力線は電荷から湧き出す}) \\ \operatorname{div} \mathbf{B} &= 0 && (\text{磁力線に湧き出しはない}) \\ \operatorname{rot} \mathbf{B} &= \mu_0 \left(\mathbf{i} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) && (\text{電流と電場の変化とが磁場の源}) \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} && (\text{磁束の変化が起電力を生む}) \end{aligned}$$

他に

電場・磁場の定義

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

電荷の保存則

$$\operatorname{div} \mathbf{i} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$$

ニュートン力学 (運動方程式) と両立しない 特殊相対性理論 [統合]

電磁波 = 電磁場の変化は波として伝わる (「場」という新しい実在の発見)

電磁波の速さ $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s} = \text{光速}$

大問題 「光は、波か粒子か？」

光は波 (電磁波) である

(しかし、それで完全な答えか?) 量子力学 [光量子]

次回予定 [第11回目] 光電効果と光量子 (教科書 161 ページ下から 5 行目まで)

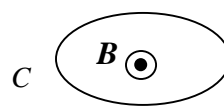
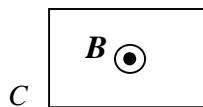
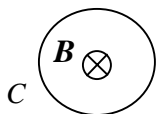
レポート問題 第10回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること!

円形の閉回路 C (囲む面積が $S = 0.5 \text{ m}^2$) に対して、磁束密度 $B_1 = 0.1 \text{ T}$ の一様な磁場が回路の面に垂直に加えられている。 $dt = 0.1 \text{ s}$ の間に磁束密度を $B_2 = 0.2 \text{ T}$ まで増加させるとき磁束の変化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ を計算して、閉回路 C に生じる誘導起電力 \mathcal{E} を求めよ。

次の各問いについて、導線 C に生じる誘導起電力の向きを図中に矢印で示せ。

- (a) B の大きさを増加 (b) B の大きさをゼロに (c) B の向きを逆転



半径 $r = 0.01 \text{ m}$ で長さ $l = 0.1 \text{ m}$ の筒に電線を $N = 10000$ 回巻いたソレノイドに、強さ $I = 1 \text{ A}$ の電流が流れている。スイッチを切ったとき $dt = 0.001 \text{ s}$ の時間で電流がゼロになった。このとき回路に発生する誘導起電力 \mathcal{E} を求めよ。ただし、電流は一定の割合で減少するものとする。(半径 r の円1つを貫く磁束の N 倍が、ソレノイド全体を貫く磁束 Φ である。) 携帯電話で使われている電磁波の種類を図 5.106 から選んで答えよ。

第10回目

解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____ 氏名 _____

数値で計算する問題は、答えにも必ず単位をつけること！

初め回路 C を貫く磁束は $\Phi_1 =$ []

磁束密度を増加させた後の磁束は $\Phi_2 =$ []

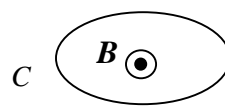
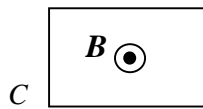
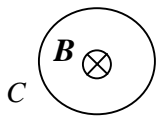
磁束の変化は $d\Phi =$ []

磁束の変化率は $\frac{d\Phi}{dt} =$ []

[Wb/s=Tm²/s=(N/Am)m²/s=Nm/As=J/C=V]

誘導起電力 $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} =$ []

(a) B の大きさを増加 (b) B の大きさをゼロに (c) B の向きを逆転



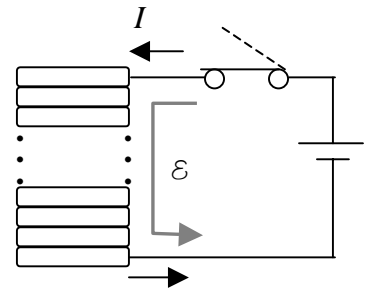
長さ 1m あたりの巻数 n は、

$$n = \frac{N}{l} = \boxed{} \text{ [1/m]}$$

ソレノイド内部の磁束密度 B は、

$$B = \mu_0 n I = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2 \cdot \boxed{} \text{ m}^{-1} \cdot \boxed{} \text{ A}$$

$$= \boxed{} \text{ []}$$



半径 r の 1 つの円形導体を貫く磁束 ϕ は、

$$\phi = B_n S = B \cdot \pi r^2 = \boxed{} \text{ []}$$

N 回巻のソレノイド全体では、磁束が N 回貫くから、ソレノイドを貫く全磁束 Φ は、

$$\Phi = N\phi = \boxed{} \text{ []}$$

スイッチを切ると、 $dt = 0.001\text{s}$ の時間のあいだに磁束が Φ からゼロに変化するので、

磁束の変化 $d\Phi$ は、 $d\Phi = 0 - \Phi = -\Phi$ である。したがって磁束の変化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ は、

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\text{Wb}}{\text{s}} = \text{[Wb/s]}$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \text{[]} \text{ の誘導起電力が発生する。}$$

このレポートをやるのに _____ 時間 _____ 分、

それ以外に基礎物理 の予習復習を _____ 時間 _____ 分した。