

[第10回目] マクスウェル方程式と電磁波

今日の授業の目標

マクスウェル方程式 (電磁気の基本法則の完成)

$\int_S E_n dS = \frac{Q_{全}}{\epsilon_0} \quad (\text{電気力線は電荷から湧き出す})$
$\int_S B_n dS = 0 \quad (\text{磁力線に湧き出しはない})$
$\oint_C B_s ds = \mu_0 \left(I_{全} + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) = \mu_0 \left(I_{全} + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_{S(C)} E_n dS \right) \quad (\text{電流と電場の変化とが磁場の源})$
$\oint_C E_s ds = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_{S(C)} B_n dS \quad (\text{磁束の変化が起電力を生む})$

他に 電場・磁場の定義 電荷の保存則(閉曲面 S から流れ出す電流 I と内部の電荷 Q)

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad I = -\frac{dQ}{dt}$$

参考: 実は, マクスウェル方程式とニュートン力学(運動方程式)は両立しない
特殊相対性理論へ発展 [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 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s} = \text{光速度}$

大問題 「光は, 波か粒子か?」

マクスウェル方程式によれば, 光は波(電磁波)である

(しかし, それで完全な答えか?) 光子 [量子力学へ発展]

次回予定 [第11回目] 光電効果と光子 (教科書 162 ページまで)

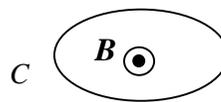
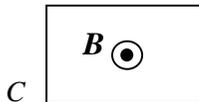
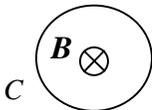
レポート問題 第10回目 (右側の半分の解答用紙を切り取って提出しなさい)

数値で計算する問題は, 答えにも必ず単位をつけること!

問1

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 の大きさをゼロに (b) B の向きを逆転 (c) B の大きさを増加



半径 $r = 0.01\text{m}$ で長さ $l = 0.1\text{m}$ の円筒に, 電線を $N = 10000$ 回巻いたソレノイドがあり, $I = 1\text{A}$ の電流が流れている。スイッチを切ると $dt = 0.001\text{s}$ 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。また, 半径 r の円1つを貫く磁束 ϕ_m の N 倍が, ソレノイド全体を貫く磁束 Φ_m である。

問2

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。

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$ と $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ の数値を用いて光速度 c を計算せよ。[教科書の式 (5.136) を参照]

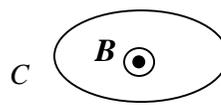
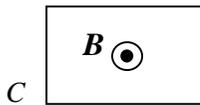
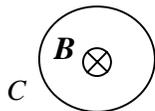
光の波長 λ [m] と振動数 ν [Hz] と伝わる速さ (光速度) c [m/s] との関係式を書け [教科書 65 ページの式 (4.8) を参照] $\nu = 93 \text{ MHz}$ (テレビ 1ch) の電磁波の波長 λ を求めよ。

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！

問 1

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



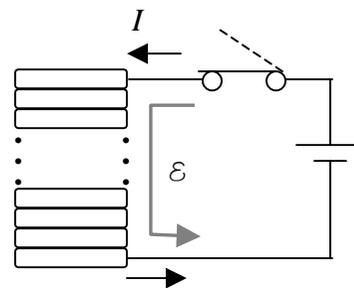
長さ 1m あたりの巻数 n は、

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

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_m は、

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

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_m は、

$$\Phi_m = N \phi_m = \boxed{} \text{ []}$$

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_m からゼロに変化するので、

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

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

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

問 2

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} =$$

関係式：

$$\lambda =$$

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。