

[第10回目] マクスウエル方程式と電磁波

今日の授業の目標

マクスウエル方程式 (電磁気の基本法則の完成版)

$$\int_S E_n dS = \frac{Q_{全}}{\epsilon_0} \quad (\text{電気力線は電荷から湧き出す}) \quad \int_S B_n dS = 0 \quad (\text{磁力線に湧き出しはない})$$

$$\oint_C B_s ds = \mu_0 \left( I_{全} + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right) = \mu_0 \left( I_{全} + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_{S(C)} E_n dS \right) \quad (\text{電流と電場の変化とが磁場の源})$$

$$\oint_C E_s ds = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_{S(C)} B_n dS \quad (\text{磁束の変化が起電力を生む})$$

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  $Q$  との関係)

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

参考: 実は, マクスウエル方程式(電磁気学)とニュートンの運動方程式(力学)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真空中を伝わる (「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?」

マクスウエル方程式によれば, 光は波(電磁波)である

(しかし, それで完全な答えか?)      量子力学 [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)

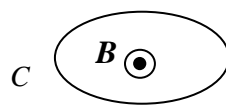
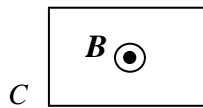
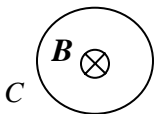
\*\*\*\*\*

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!

B... 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



C... 半径  $r = 0.010 \text{ m}$  で長さ  $l = 0.10 \text{ m}$  の円筒に, 電線を  $N = 100000$  回巻いたソレノイド(コイル)に, 電圧  $V = 10 \text{ V}$  を加えて電流  $I$  を流している。ソレノイドの電気抵抗は  $R = 10$  である。スイッチを切ると  $dt = 0.0010 \text{ s}$  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した。また, 半径  $r$  の1巻きの円形電線を貫く磁束  $\phi_m$  の  $N$  倍が, ソレノイド全体を貫く磁束  $\Phi_m$  である。

B... 平らな銅板の上に, N極を上にして磁石が置いてある。この磁石を勢いよく上方に引き離れた。銅板の表面に流れる電流の向き, 銅板の表面に現れる磁極(NかSか), 銅板から磁石に働く磁気力の向きをそれぞれ答えよ。

C... IH(誘導加熱)調理器の原理を説明せよ。(金属のなべの下で磁場を高速で変化させる。)

B... 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。

B...  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}$  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]

B... 光の波長  $\lambda$  [m]と振動数  $\nu$  [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  $\lambda$  を求めよ。

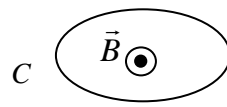
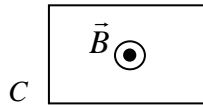
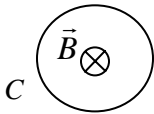
解答用紙 ( 曜 限) 学籍番号 \_\_\_\_\_

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)  $\vec{B}$  の大きさをゼロに (b)  $\vec{B}$  の向きを逆転 (c)  $\vec{B}$  の大きさを増加



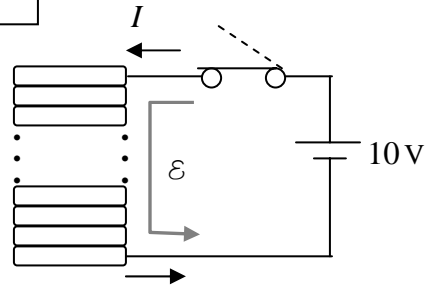
はじめソレノイドを流れている電流は、オームの法則から  $I =$  [ ]

長さ 1m あたりの巻数  $n$  は、 $n = \frac{N}{l} =$  [ ] [1/m]

ソレノイド内部の磁束密度  $B$  は、

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

$$= [ ] [ ]$$



半径  $r$  の1つの円形電線を通る磁束  $\phi_m$  は、

$$\phi_m = B_n S = B \cdot \pi r^2 = [ ] [ ]$$

$N$  回巻のソレノイド全体では、磁束が  $N$  回貫くから、ソレノイドを通る全磁束  $\Phi_m$  は、

$$\Phi_m = N \phi_m = [ ] [ ]$$

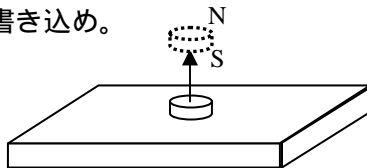
スイッチを切ると、 $dt = 0.001\text{s}$  の時間のあいだに磁束が  $\Phi_m$  からゼロに変化するので、

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、

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

$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} =$  (はじめの電圧  $V$  と比較せよ) [ ] の誘導起電力(電圧)が発生する。

図に書き込め。



金属のなべの下で磁場を高速で変化させると、金属のなべを通る [ ] が変化して、[ ] が発生する。その結果、なべに [ ] が流れる。なべの電気抵抗はゼロではないので、[ ] が発生し熱くなる。

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。