

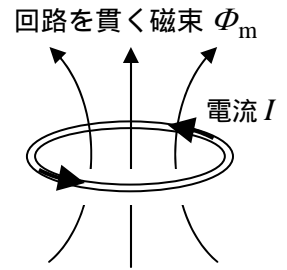
[第12回目] マクスウェル方程式

今日の授業の目標

自己誘導係数(自己インダクタンス) L [H](単位:ヘンリー)

回路を貫く磁束 $\Phi_m = LI$ [Wb]

$$\text{電圧 } V = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -L\frac{dI}{dt} \quad \left[V = j\omega LI \right]$$



マクスウェル方程式 (電磁気の基本法則の完成版)

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

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

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

他に 電場・磁場の定義 電荷の保存則

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad I = -\frac{dQ_{内部}}{dt} \quad \left(\begin{array}{l} \text{閉曲面 } S \text{ から流れ出す電流 } I \text{ と} \\ \text{内部の電荷 } Q \text{ との関係} \end{array} \right)$$

参考: 実は, マクスウェル方程式(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](現代物理学)

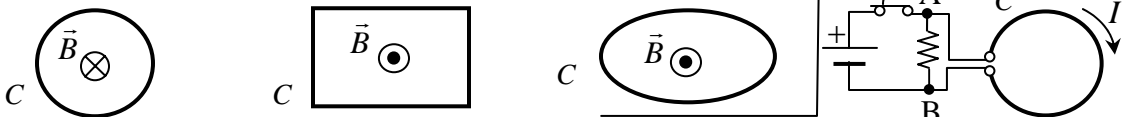
次回予定[第13回目]まとめ

レポート問題 第12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) \vec{B} の向きを逆転 (b) \vec{B} の大きさを増加 (c) \vec{B} の大きさをゼロに



C... 右上図のような円形コイルCに電流が流れている。スイッチを切ったときにコイルに発生する起電力 \mathcal{E} [V]の向きを図に矢印で示せ。このとき, AとBで電位が高くなるのはどちらか。

問2 半径 $r = 0.010$ [m]で長さ $l = 0.10$ [m]の円筒状に, 導線を $N = 100000$ 回巻いたソレノイド(コイル)がある。電流が I のときコイル内部の磁束密度は $B = \mu_0 nI$ である。ただし

C... このコイルの自己誘導係数 L を, N, l, r を用いて表せ。半径 r の1巻きの円形導線を貫く磁束を ϕ_m とすれば, コイル全体を貫く磁束は $\Phi_m = N\phi_m$ である。 $n = N/l$ である。

C... このコイルの自己誘導係数 L [H]を数値で求めよ。

B... $I = 1.0$ [A]の電流が流れている。スイッチを切ると $dt = 0.0010$ [s]の時間で電流がゼロになった。コイルに発生する電圧 V [V]を求めよ。ただし, 電流は一定の割合で減少した。

B... 問3 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4 電磁波とは, 何の振動が空間を伝わっていく波か答えよ。

B... 光と電磁波との関係を述べよ。

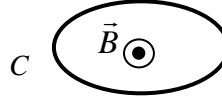
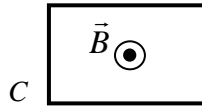
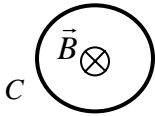
解答用紙 (曜 限) 学籍番号 _____

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

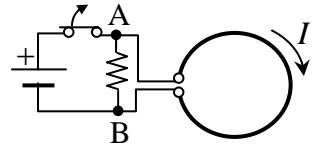
(a) \vec{B} の向きを逆転 (b) \vec{B} の大きさを増加 (c) \vec{B} の大きさをゼロに



電流 I がコイルの内部につくる磁束密度の向きは $\odot \cdot \otimes$ 向きである。

スイッチを切ると電流が流れなくなり、磁束が減少してゼロになる。

磁束が減少しないようにするには、 $\odot \cdot \otimes$ 向きの磁束密度をつくり出せばよい。すなわち、はじめの電流 I と $\boxed{\text{同じ・逆の}}$ 向きの電流を流そうとする誘導起電力 \mathcal{E} [V] が発生する。(図示せよ。)



したがって、 $\boxed{A \cdot B}$ の方が電位が高くなる。

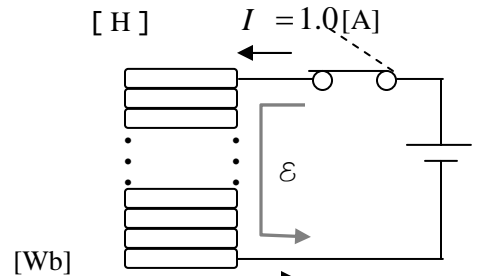
問2 コイル1巻きを貫く磁束は $\phi_m = B \cdot (\text{半径 } r \text{ の円の面積}) = \boxed{\hspace{2cm}}$

コイル全体を貫く磁束は $\Phi_m = N\phi_m$ だから、 $L = \frac{\Phi_m}{I} =$

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} \pi r^2 =$$

ソレノイドを貫く全磁束 Φ_m は、

$$\Phi_m = LI = \mu_0 \frac{N^2}{l} \pi r^2 I =$$

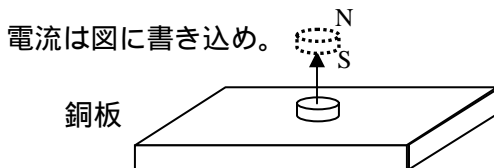


スイッチを切ると、 $dt = 0.0010$ [s] の時間のあいだに磁束が Φ_m からゼロに変化するので、磁束の変化 $d\Phi_m$ は、 $d\Phi_m = 0 - \Phi_m = -\Phi_m$ である。したがって磁束の変化率 $d\Phi_m/dt$ は、

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

$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} =$ (コイルの抵抗を 1 [] としたとき、電源の電圧と比較せよ)
[] の誘導起電力 (電圧) が発生する。

問3



表面に現れる磁極：
磁気力の向き：

金属のなべの下で磁場を高速で変化させると、金属のなべを貫く $\boxed{\hspace{2cm}}$ が変化して、 $\boxed{\hspace{2cm}}$ が発生する。その結果、なべに $\boxed{\hspace{2cm}}$ が流れる。なべの電気抵抗はゼロではないので、 $\boxed{\hspace{2cm}}$ が発生し熱くなる。

問4

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。