

必ず書くこと。(記載なしは、未提出扱い)
繰り返し注意しました。

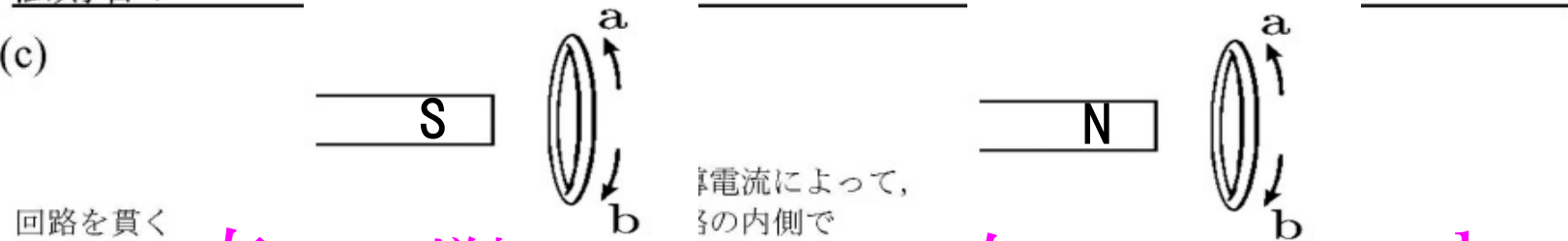
問 2 (a)

発見者の名前： ファラデー

(b)

法則名： レンツの法則

(c)



問 3 (1) 磁束の変化： 左 の向きに 増加 する， 生じる磁場の向き： 右 ， 誘導電流の向き： b

(2) 磁束の変化： 左 変化なし ， 生じる磁場の向き： なし ， 誘導電流の向き： c

(3) 磁束の変化： 右 減少 ， 生じる磁場の向き： 右 ， 誘導電流の向き： b

(4) 磁束の変化： 右 増加 ， 生じる磁場の向き： 左 ， 誘導電流の向き： a

(5) 磁束の変化： 右 変化なし ， 生じる磁場の向き： なし ， 誘導電流の向き： c

(6) 磁束の変化： 右 減少 ， 生じる磁場の向き： 右 ， 誘導電流の向き： b

(7) 磁束の変化： 左 増加 ， 生じる磁場の向き： 右 ， 誘導電流の向き： b

(8) 磁束の変化： 左 減少 ， 生じる磁場の向き： 左 ， 誘導電流の向き： a

授業予定(変更されたシラバス)

- | | |
|---------------|---------------|
| ①原子の構造と電気力 | ⑨電流が作る磁場1 (小) |
| ②クーロンの法則 | ⑩電流が作る磁場2 |
| ③電場1 (小) | ⑪ローレンツ力1 (小) |
| ④電場2 (小) | ⑫ローレンツ力2 (小) |
| ⑤電位1 (小) | ⑬電磁誘導 (小) |
| ⑥電位2 | ⑭発展 (＋確認試験2) |
| ⑦電流1 (小) | ⑮まとめ |
| ⑧電流2 (＋確認試験1) | ⑯期末試験 |

基礎物理A《学習到達目標》

- 1) 電気力と電場の関係を説明できる。
- 2) 電位と静電エネルギーを説明できる。
- 3) ミクロな視点で電流を説明できる。
- 4) ローレンツ力と磁場(磁束密度)の関係を説明できる。
- 5) 直線電流がつくる磁束密度を図を使って説明できる。

第14回目 電磁誘導の続きおよび発展

今日の授業の目的

- **ファラデーの電磁誘導の法則**より, 誘導起電力を求める.
- 自己誘導とインダクター(コイル).

§ 10 電磁誘導

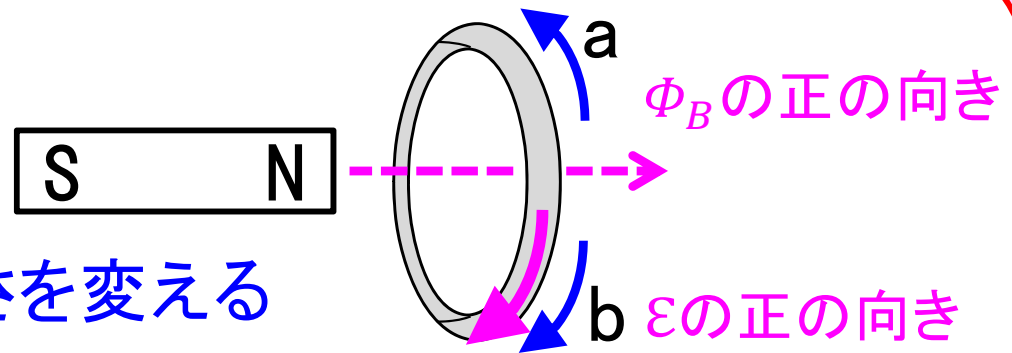
(つづき)

◇ファラデーの電磁誘導の法則

(テキスト p.118)

磁束 $\Phi_B = BS$ の変化

- ・磁石を動かす
- ・回路を動かす
- ・(電磁石で)磁場の強さを変える
- ・回路の面積を変える



回路に生じる誘導起電力(電圧)を ε [V] とし,
回路を貫く磁束を Φ_B とすると,

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

符号 $-$ が **レンツの法則** を表すように
 ε と Φ_B の向きを右ねじの関係にとる

$$\left(\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} : \text{時間変化が一定の割合のとき} \right)$$

◇電磁誘導の例1

(テキスト p.119)

磁束密度の大きさ B の一様な磁場の中,
長さ L の金属棒PQを一定の速さ v で右向きに動かす

磁束は $\odot$ の向きを正とし

金属棒内を $P \rightarrow Q$ の向き(左回り)
に電流が流れるとき $\mathcal{E}$ を正とする.

<右ねじの関係>

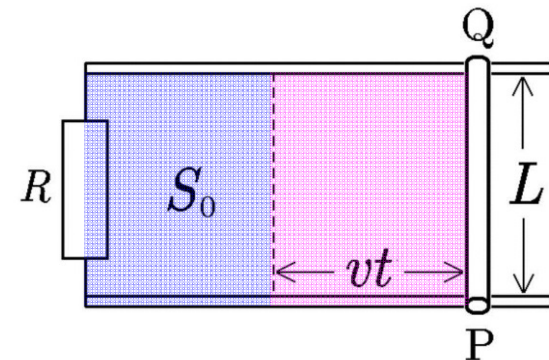
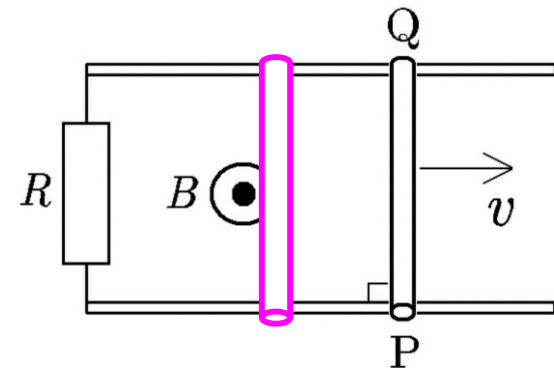
誘導起電力 $\mathcal{E}$

$$\text{回路の面積 } S(t) = S_0 + L \cdot vt$$

$$\text{磁束 } \Phi_B(t) = BS(t) = B(S_0 + vLt)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d(BS_0 + BvLt)}{dt} \\ &= -BvL \text{ [V]} \quad \text{向き: 右回り} \end{aligned}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{BvL}{R} \text{ [A]}$$



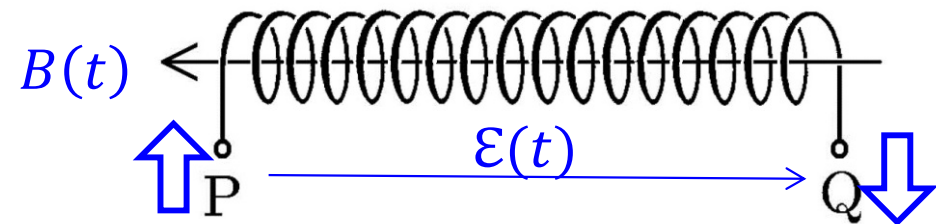
◇電磁誘導の例2

(テキスト p.119)

断面積 S , 長さ L , 巻き数 N のソレノイド(円筒形コイル)に,
時刻 t によって変化する磁束密度 $B(t)$ の磁場

B は内部を ← 向きを **正** ($B > 0$) とし
コイル内の電流が $P \rightarrow Q$ の向きに
流れるとき $\mathcal{E}$ を **正** とする.

< **右ねじの関係** >



誘導起電力 $\mathcal{E}$

N 個の回路がつながったものと同じ。

$$\text{磁束 } \Phi_B(t) = B(t)S \times N = NS \cdot B(t)$$

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d(NS \cdot B(t))}{dt} = -NS \frac{dB(t)}{dt}$$

磁場変化が同じでも発生する電圧が N 倍になる。

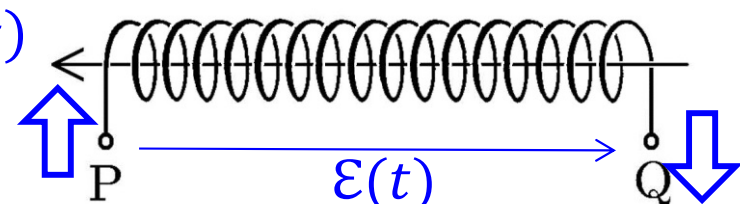
(**感電事故**もあるので注意)

◇電磁誘導の例2

(テキスト p.119)

断面積 S , 長さ L , 巻き数 N のソレノイド(円筒形コイル)に,
時刻 t によって変化する磁束密度 $B(t)$ の磁場

誘導起電力 $\mathcal{E}$

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -NS \frac{dB(t)}{dt}$$


長さ 10 cm, 断面積 $1.0 \text{ cm}^2 = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$,
全巻き数 50000 のソレノイドに, 60Hz で時間変化する
磁束密度 $B(t) = 0.050 \sin 120\pi t [\text{T}]$ の磁場を加える.

$$\begin{aligned}\mathcal{E}(t) &= -NS \frac{dB(t)}{dt} \\ &= -5.0 \times 10^4 \times 1.0 \times 10^{-4} [\text{m}^2] \times \frac{d(0.050 \sin 120\pi t)}{dt} [\text{T/s}] \\ &= -5.0 \times 0.050 \times 120\pi \cos 120\pi t [\text{V}] \\ &= -94 \cos 120\pi t [\text{V}]\end{aligned}$$

電磁誘導についての 発展 (教科書にない内容)

◇発展 インダクター

(テキスト にない)

誘導起電力

$$\mathcal{E}(t) = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d(NS \cdot B(t))}{dt} = -NS \frac{dB(t)}{dt}$$

この磁束の変化はコイル自身が作る磁場でもよい。

断面積 S , 長さ d , 巻き数 N のソレノイド(円筒形コイル)に時刻 t によって変化する電流 $I(t)$ を流す。

$$\text{内部の磁束密度 } B(t) = \mu H(t) = \mu n I(t) \quad [n = N/d]$$

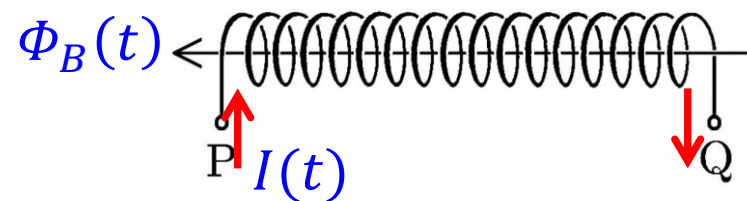
$$\text{磁束 } \Phi_B(t) = B(t)S \times N = NS \cdot B(t) = \frac{\mu N^2 S}{d} \cdot I(t)$$

一般にどんな形状のコイルでも

$$\Phi_B(t) = L \cdot I(t)$$

と表せる。

L : 自己誘導係数(自己インダクタンス) 単位[H]ヘンリー

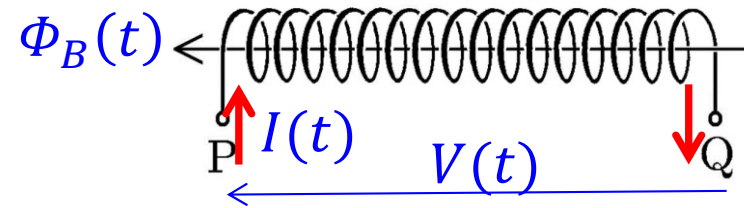


◇発展 インダクター

(テキスト にない)

インダクター(コイル)

$$\Phi_B(t) = L \cdot I(t)$$



インダクターの両端の電圧 $V(t)$

$$\begin{aligned} V(t) &= -\mathcal{E}(t) = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dL \cdot I(t)}{dt} \\ &= L \frac{dI(t)}{dt} \end{aligned}$$



交流電流 $I(t) = I_0 \sin \omega t$ のとき

$$V(t) = L \frac{d(I_0 \sin \omega t)}{dt} = \omega L I_0 \cos \omega t = V_0 \cos \omega t$$

$$V_0 = \omega L I_0$$

オームの法則($V_0 = R I_0$)と似た関係が成り立つ。

◇発展 (交流)電気回路の部品

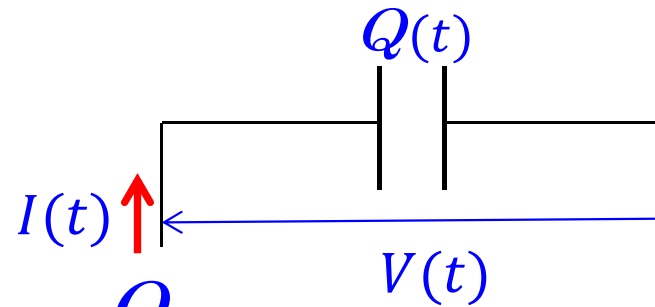
(テキスト にない)

コンデンサー

$$Q(t) = C \cdot V(t)$$

電荷と電流の関係

$$I(t) = \frac{dQ(t)}{dt} \quad \text{直流のとき} \quad I = \frac{Q}{\Delta t}$$



コンデンサーの両端の電圧 $V(t)$ と電流 $I(t)$

$$I(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{dC \cdot V(t)}{dt} = C \frac{dV(t)}{dt}$$

交流電圧 $V(t) = V_0 \cos \omega t$ のとき

$$I(t) = C \frac{d(V_0 \cos \omega t)}{dt} = -\omega C V_0 \sin \omega t = I_0 \sin \omega t$$

$$-\omega C V_0 = I_0 \quad \boxed{V_0 = -\frac{1}{\omega C} I_0}$$

オームの法則 ($V_0 = R I_0$) と似た関係が成り立つ。

◇発展 (交流)電気回路の部品

(テキストにない)

交流電圧 $V(t) = V_0 \cos \omega t$ のとき

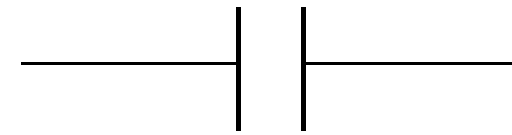
抵抗器 R

$$V_0 = RI_0$$



コンデンサー C

$$I(t) = C \frac{dV(t)}{dt} \quad V_0 = -\frac{1}{\omega C} I_0$$



インダクター L

$$V(t) = L \frac{dI(t)}{dt} \quad V_0 = \omega L I_0$$



オームの法則と似た関係が成り立つ。

ただし、 C 、 L の場合は、電圧と電流の位相が $\pi/2$ 違うことに注意 ($V_0 \cos \omega t$ と $I_0 \sin \omega t$)。

この科目で学んだことは電気回路の基礎となる

・レポート問題（解答用紙付き）

を必ず持って帰ること

×切：火曜2限・・・1/20(月)13時

木曜3限・・・通常通り

期末試験についてはレポート問題の裏面参照。
詳細は次回説明する。

確認テスト実施中

およそ40分間で

開始の合図で始める。(開始20分後から途中退室可。)
終了の合図で解答をやめること。

関数電卓使用可

問題は複数種類ある。隣は気にしないで、
自分の問題に集中して解答する。

問題の文意が不明、印刷が不鮮明など
あれば、手を挙げて質問する。

レポート問題を持って帰ること。

40分