

自然科学 II(物理学) 練習問題 (2019) 解答

この問題集について 講義内容に関連する練習問題です。試験勉強に役立てて下さい。解答の作成には十分注意を払っていますが、万が一間違いを発見された場合は shirakura.naoki.se8@is.naist.jp までご連絡をお願いします。

わからないときは 講義中の例題を見てみましょう。問題番号“練習○-△”は○回目の授業の例題△に対応しています。それでもわからなければ、気軽にメールで質問して下さい。

資料のダウンロード 全講義の資料、練習問題の配布 URL <https://naoki-sh.github.io/documents/physic/>

練習 1-1

(1)

(A) 並列回路の合成抵抗の公式 $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ と
直列回路の合成抵抗の公式 $R' = R_2 + R_3$ を用いる

$$I_2 = I_0 + I_1 \quad (1)$$

$$E = R_0 I_0 + R_2 I_2 \quad (2)$$

(B) 電力の公式 $P = RI^2 = VI$ を用いる

$$E = R_1 I_1 + R_2 I_2 \quad (3)$$

(1) (A) 2つの合成抵抗の公式を使うと、

を解いて、 $I_0 = 5$ [A]

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 7 + \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 8 \text{ } [\Omega] \quad (2)$$

(B) まず、オームの法則 $I = \frac{E}{R}$ より電流を求めると

$$I_2 = I + I_0 \quad (4)$$

$$E_1 + E_2 = R_0 I_0 + R_2 I_2 \quad (5)$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{16}{8} = 2.$$

$$E_2 = R_1 I + R_2 I_2 \quad (6)$$

電力の公式より $P = RI^2 = 8 \times 2^2 = 32$ [W]

を解いて、 $E_1 = 15$ [V]

(2) (A)

$$R = 3 + \frac{0.75 \times 1.5}{0.75 + 1.5} = \frac{1.125}{2.25} = 3 + 0.5 = 3.5 \text{ } [\Omega]$$

(B)

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{7^2}{3.5} = \frac{49}{3.5} = 14 \text{ } [\text{W}]$$

(3) (A) 1 [Ω] (B) $I = \frac{3}{2}$ より $P = \frac{9}{4}$ [W]

練習 2-2

ブリッジ回路の公式を用いる。菱形の回路図に書き換えるとわかりやすい。 $R \times 7 = 2 \times 14$ より $R = 4$

練習 3-1

(1) 誘導起電力の公式を用いる。

$$V = \frac{nS\Delta B}{\Delta t} = \frac{7 \times 5 \times (9 - 1)}{10} = 28 \text{ } [\text{V}]$$

(2) 磁束密度が減少することに注意。 -40 [V]

練習 3-2

(1) コイル 1 に磁束の公式を用いる。

$$\Phi = LI = 8 \times 50 = 400 \text{ } [\text{Wb}].$$

(2) 10[A] のときに発生する磁束は $\Phi = LI = 80$ [Wb]
自己誘導の起電力の公式を用いると、

$$V = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{400 - 80}{10} = 32 \text{ } [\text{V}].$$

(3) 相互誘導の磁束の公式を用いる。

$$\Phi_{12} = L_{12}I = 16 \times 50 = 800 \text{ } [\text{Wb}].$$

(4) 10[A] のときにコイル 2 を貫く磁束は $\Phi_{12} = L_{12}I = 160$ [Wb]

相互誘導の起電力の公式を用いると、

$$V = -\frac{\Delta\Phi_{12}}{\Delta t} = \frac{800 - 160}{10} = 64 \text{ } [\text{V}].$$

練習 1-2

(1) (A) 電流が作る磁束密度の公式を電流 A に適用して

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 \times 2}{2\pi \times 3} = \frac{\mu_0}{3\pi}.$$

右ねじの法則より、磁束の向きは紙面奥方向。

(B) 近づく力が働く。

導線 A,B それぞれについてフレミングの左手で考える。例えば導線 A の場合、中指を“A の電流の向き”，人差し指を“B が A の位置に作る磁束の向き”に合わせると、親指が力の向きになる。

(2) (A) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{\mu_0 \times 1}{2\pi \times 0.25} = \frac{2\mu_0}{\pi}.$

磁束の向きは紙面奥方向。(B) 遠ざかる力が働く

練習 2-1

キルヒホッフの法則より式を 3 つ立てる。

練習 4-1

- (1) 電流の式は,

$$I(t) = \frac{V_0 \sin \omega t}{R} = \frac{1 \times \sin \left(2\pi \times \frac{1}{2\pi} \right)}{5} = \frac{\sin t}{5}.$$

$$t = \frac{\pi}{6} \text{ を代入して } I = 0.1 \text{ [A]}.$$

- (2) 12.5 [A]

- (B) 電流の式は,

$$I(t) = \frac{V_0 \sin(\omega t - \theta)}{|Z|} = \frac{10 \sin(t - \theta)}{\sqrt{10}}$$

$$\text{ただし, } \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \tan^{-1} 3$$

- (2) (A) $|Z| = 2\sqrt{2}$

$$(B) I(t) = \frac{\sin(2t - \theta)}{\sqrt{2}} \text{ ただし, } \theta = \tan^{-1} 1 = \frac{\pi}{4}$$

練習 4-2

- (1) (A) RL 回路の合成インピーダンスの公式より

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{2\pi}{\pi} \times 4 \right)^2} = \sqrt{65}$$

- (B) 電流の式は,

$$I(t) = \frac{V_0 \sin(\omega t - \theta)}{|Z|} = \frac{4 \sin(2t - \theta)}{\sqrt{65}}$$

$$\text{ただし, } \theta = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R} = \tan^{-1} 8$$

- (2) (A) $|Z| = 13$

$$(B) I(t) = 2 \sin(t - \theta) \text{ ただし, } \theta = \tan^{-1} \frac{12}{5}$$

練習 5-1

- (1) (A) RC 回路の合成インピーダンスの公式より

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} \right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{2} \right)^2 + \left(\frac{1}{2\pi \times \frac{1}{\pi} \times 1} \right)^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

- (B) 電流の式は,

$$\begin{aligned} I(t) &= \frac{V_0 \sin(\omega t + \theta)}{|Z|} = \frac{2 \sin(2\pi \times \frac{1}{\pi} t + \theta)}{\frac{1}{\sqrt{2}}} \\ &= 2\sqrt{2} \sin(2t + \theta) \end{aligned}$$

$$\text{ただし, } \theta = \tan^{-1} \frac{1}{R\omega C} = \tan^{-1} 1 = \frac{\pi}{4}$$

- (2) (A) $|Z| = 5$

$$(B) I(t) = 5 \sin(t + \theta) \text{ ただし, } \theta = \tan^{-1} \frac{4}{3}$$

練習 5-2

- (1) (A) RLC 回路の合成インピーダンスの公式より

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \\ &= \sqrt{1^2 + \left(\frac{2\pi}{2\pi} \times 5 - \frac{1}{\frac{2\pi}{2\pi} \times \frac{1}{2}} \right)^2} = \sqrt{10} \end{aligned}$$

練習 6-1

- (1) RL 回路の過渡応答の電流

$$I = \frac{E}{R} \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{R}{L} t \right) \right\} = 2 \{ -\exp(-t) \}$$

- (2) 時定数 $\tau = \frac{L}{R} = 1$

- (3) $t = \tau$ の時, 電流は定常状態の約 63%まで上昇するから

$$I = 2 \times 0.63 = 1.26$$

練習 6-2

- (1) RC 回路の過渡応答の電流

$$I = \frac{E}{R} \exp \left(-\frac{t}{CR} \right) = \frac{6}{3} \exp \left(-\frac{t}{\frac{1}{4} \times 3} \right) = 2 \exp \left(-\frac{4t}{3} \right)$$

- (2) 時定数 $\tau = CR = \frac{3}{4}$

- (3) $t = \tau$ の時, 電流は初期値の約 37%まで低下するから

$$I = 2 \times 0.37 = 0.74$$