

令和 8 年度(2026)

近畿大学大学院 産業理工学研究科
産業理工学専攻 博士前期課程

9月募集(一般入学選考)

入試問題

(令和 7 年 9 月 13 日 実施)

電子情報工学コース

電磁気学

【設問 1】

図 1(a)および(b)のように、中心が O で半径が a の導体球の周りに、中心が同じく O で内径が b である導体球殻がある($a < b$)。導体球と導体球殻の間は誘電率が ϵ である誘電体で満たされており、球殻の厚みは導体球の半径 a よりも十分、小さく、無視できるものとする。内部の導体球には $+Q$ の電荷を、外側の導体球殻には $-Q$ の電荷を与えた。中心 O からの位置ベクトルを $\mathbf{r}$ とするとき、次の問いに答えよ。ただし、導体中の電荷は全て導体表面に分布しているものとする。

(1) 図 1(c) ~ (e)のように、中心 O で半径 r の球の表面を閉曲面 S とする。 S 上の面素ベクトルを $d\mathbf{S}$ とし、位置 $\mathbf{r}$ における電束密度ベクトルを $\mathbf{D}$ 、電界ベクトルを $\mathbf{E}$ とするとき、次の① ~ ③に答えよ。

- ① (i) $0 \leq r < a$, (ii) $a \leq r < b$, および(iii) $b \leq r$ のとき、 $\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S}$ をそれぞれ表せ。
- ② (i) $0 \leq r < a$, (ii) $a \leq r < b$, および(iii) $b \leq r$ のとき、電束密度の大きさ D をそれぞれ表せ。
- ③ (i) $0 \leq r < a$, (ii) $a \leq r < b$, および(iii) $b \leq r$ のとき、 $\mathbf{E}$ を $\mathbf{D}$ を使わずに それぞれ 表せ。

(2) (1)を用いて、導体球と導体球殻の電位差 ϕ を求めよ。

(3) 導体球と導体球殻の静電容量を C とするとき、 C を Q と ϕ で示せ。

(4) (3) のとき、 $C = \frac{4\pi\epsilon ab}{b-a}$ となることを示せ。

(5) このとき、導体球と導体球殻の間に溜まっている静電エネルギー U を示せ。

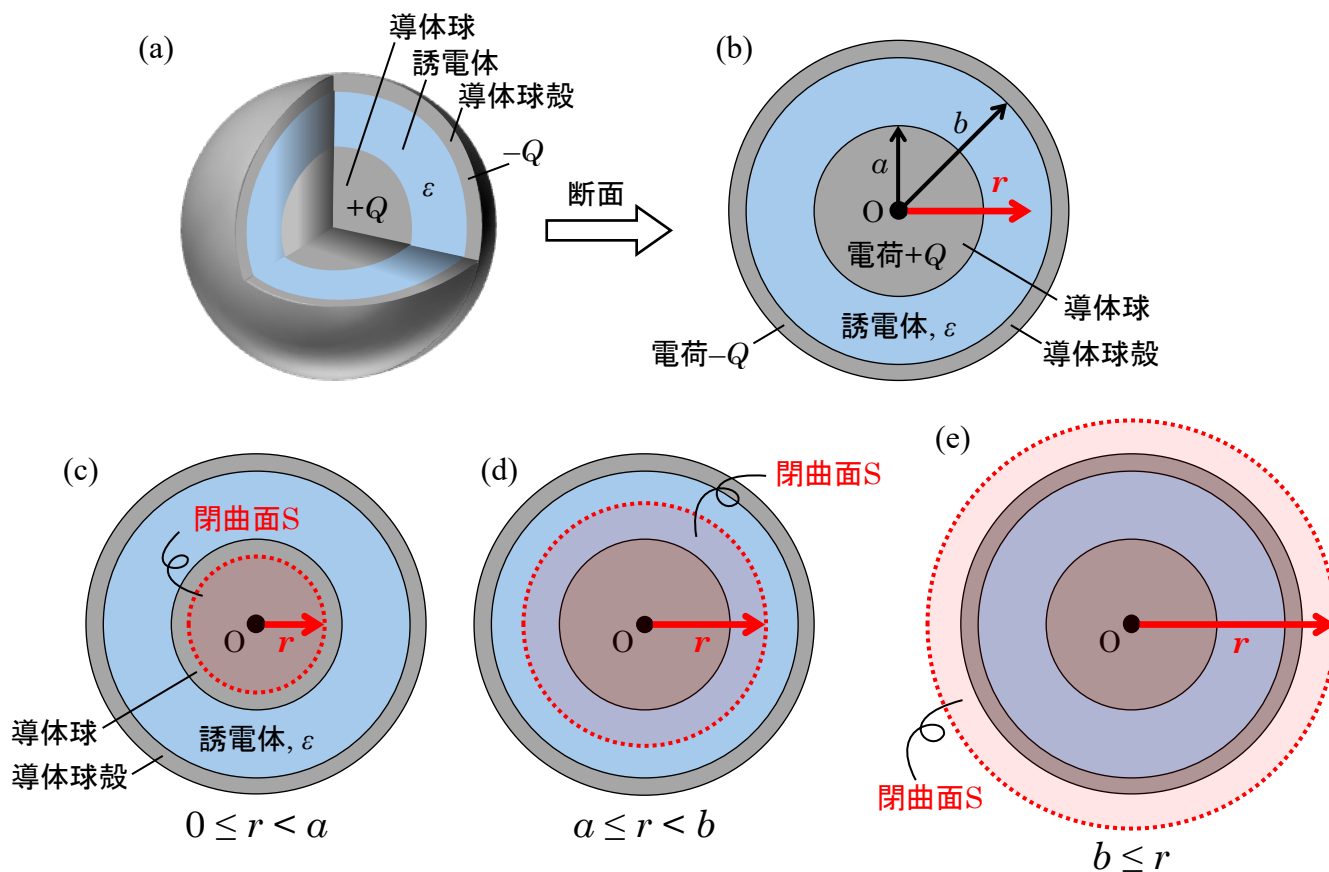


図 1

【設問2】

図 2(a)のような、中心 O からの平均距離が r で、断面積が S 、そして透磁率が μ である円環状の鉄心の周りに導線を N 回巻いたトロイダルコイルがある。鉄心の太さは平均距離 r に比べて十分に小さく、導線が密に巻かれていることから、鉄心外への磁束の漏れはなく、鉄心内の磁界の強さ H は、鉄心内のどこにおいても同じ大きさで近似できるものとする。図 2(a)のようにトロイダルコイル内に電流 I を流した。次に図 2(b)のように、中心が O で半径が r の円の円周を閉路 C として、鉄心内の磁界の強さベクトルを H とするとき、次の問いに答えよ。

- (1) 閉路 C 上の線素ベクトルを $d\mathbf{s}$ とするとき、 $\oint_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s}$ を r と H を用いて示せ。
- (2) 閉路 C がつくる面を貫く電流の総量を答えよ。
- (3) (2)よりアンペールの法則を用いて、 $\oint_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s}$ を、 r と H を用いずに 表せ。
- (4) (1)と(3)から、 H を、 N, I 、および r を用いて表せ。
- (5) 鉄心内の磁束密度の大きさ B を、 μ, N, I 、および r を用いて表せ。
- (6) 鉄心内を貫く磁束 ϕ_m を、 μ, N, I, r 、および S を用いて表せ。
- (7) 電流 I が時間 t で変化しているとき、トロイダルコイルに発生する誘導起電力 V を、 N と ϕ_m 、および微分記号 $\frac{d}{dt}$ を使って表せ。
- (8) (7)のとき、 V を、 μ, N, I, r, S および $\frac{d}{dt}$ を用いて表せ。
- (9) トロイダルコイルの自己インダクタンスを L とするとき、(8)の V を、 L, I 、および $\frac{d}{dt}$ を用いて表せ。
- (10) (8)と(9)の比較から、 L を、 μ, N, r 、および S を用いて表せ。
- (11) トロイダルコイルに溜まっている磁界のエネルギー U_m を、 μ, N, I, r 、および S を用いて表せ。

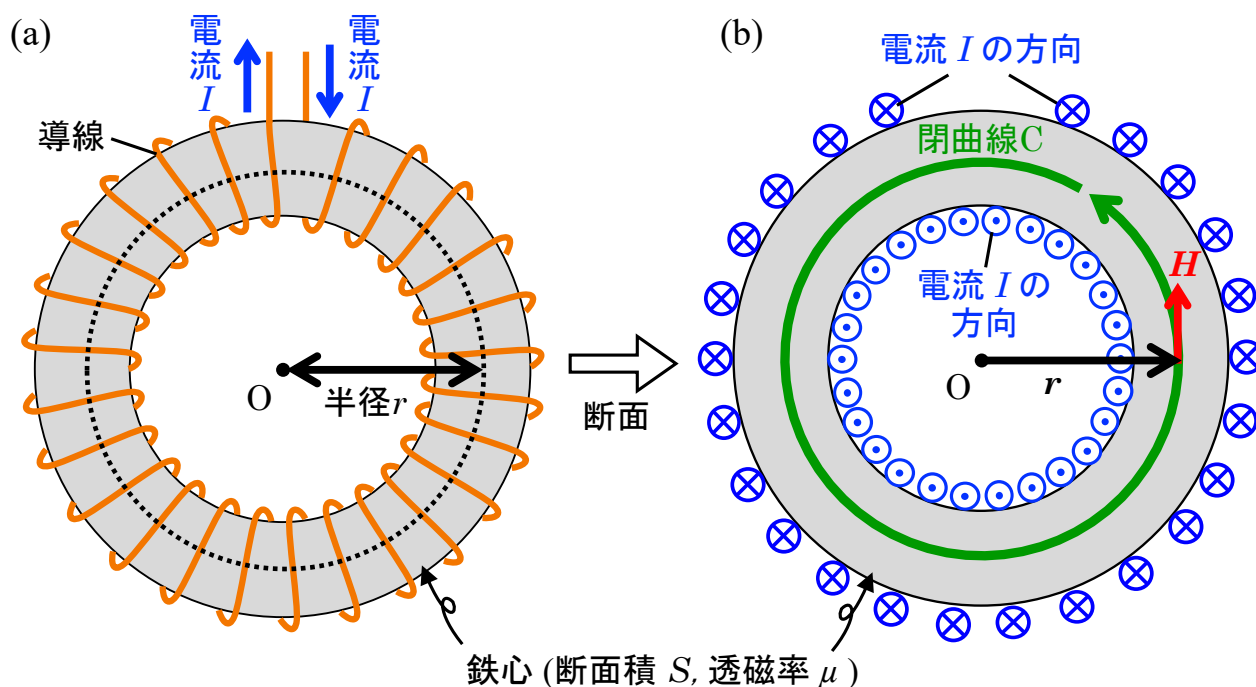


図2

【設問3】

図3のように、トロイダルコイル(自己インダクタンスは L)に、電源 E と抵抗 R 、およびスイッチを直列に接続した。最初はスイッチを OFF にしておき、時刻 $t = 0$ においてスイッチを ON にしたところ、回路内に電流 I が流れた。次の問いに答えよ。

- (1) 時刻 $t = 0$ における電流 I の値を答えよ。
- (2) $t \geq 0$ における回路方程式を示せ。
- (3) (2)の回路方程式を解き、時刻 t における電流 I の式を導け。
- (4) この回路の時定数 τ を、 R と L で示せ。

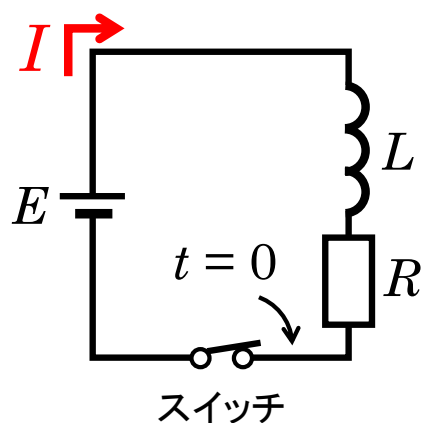


図3

【設問 1】

(1)	①		
	(i) $0 \leq r < a,$ $\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = 0$	(ii) $a \leq r < b,$ $\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = Q$	(iii) $b \leq r,$ $\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = 0$
	②		
	(i) $0 \leq r < a,$ $D = 0$	(ii) $a \leq r < b,$ $D = \frac{Q}{4\pi r^2}$	(iii) $b \leq r,$ $D = 0$
	③		
	(i) $0 \leq r < a,$ $E = 0$	(ii) $a \leq r < b,$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \frac{r}{r}$	(iii) $b \leq r,$ $E = 0$
(2)	(解答例) $\phi = \int_b^a -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} = \int_b^a \frac{-Q}{4\pi\epsilon r^2} dr = \left[\frac{Q}{4\pi\epsilon r} \right]_b^a = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) = \frac{Q(b-a)}{4\pi\epsilon ab}$		
(3)	$Q = C\phi$ なので、 $C = \frac{Q}{\phi}$		
(4)	(解答例) (2) より $\phi = \frac{Q(b-a)}{4\pi\epsilon ab}$, (3) より $C = \frac{Q}{\phi}$ なので、 $C = Q \frac{4\pi\epsilon ab}{Q(b-a)} = \frac{4\pi\epsilon ab}{b-a}$ よって、 $C = \frac{4\pi\epsilon ab}{b-a}$		
(5)	$U = \frac{1}{2} Q\phi$ なので、 $U = \frac{1}{2} Q \frac{Q(b-a)}{4\pi\epsilon ab} = \frac{(b-a)Q^2}{8\pi\epsilon ab}$		

【設問2】

(1)	$\oint_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s} = 2\pi r H$	(2)	NI
(3)	$\oint_C \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s} = NI$	(4)	$H = \frac{NI}{2\pi r}$
(5)	$B = \frac{\mu NI}{2\pi r}$	(6)	$\phi_m = \frac{\mu NSI}{2\pi r}$
(7)	$V = -N \frac{d\phi_m}{dt}$	(8)	$V = -\frac{\mu N^2 S}{2\pi r} \frac{dI}{dt}$
(9)	$V = -L \frac{dI}{dt}$	(10)	$L = \frac{\mu N^2 S}{2\pi r}$
(11)	$U_m = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{\mu N^2 S}{4\pi r} I^2$		

受験番号	氏名

【設問 3】

(1)	$I = 0$
(2)	$E - RI - L \frac{dI}{dt} = 0$
(3)	(解答例) $E - RI - L \frac{dI}{dt} = 0$ $E - RI = L \frac{dI}{dt}$ $-R \left(I - \frac{E}{R} \right) = L \frac{dI}{dt}$ $-\frac{R}{L} dt = \frac{dI}{I - \frac{E}{R}}$ 両辺、積分すると、 $\int -\frac{R}{L} dt = \int \frac{dI}{I - \frac{E}{R}}$ $-\frac{R}{L} t + \alpha = \ln \left I - \frac{E}{R} \right$ ここでαは、積分定数である。 $\left I - \frac{E}{R} \right = \exp \left(-\frac{R}{L} t + \alpha \right)$ $I - \frac{E}{R} = \pm e^{\alpha} \exp \left(-\frac{R}{L} t \right)$ $I - \frac{E}{R} = A \exp \left(-\frac{R}{L} t \right)$ ここでAは、積分定数である。 $t = 0$ のとき、$I = 0$であるから、 $0 - \frac{E}{R} = A \exp \left(-\frac{R}{L} \times 0 \right)$ $A = -\frac{E}{R}$ $I - \frac{E}{R} = -\frac{E}{R} \exp \left(-\frac{R}{L} t \right)$ $I = \frac{E}{R} \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{R}{L} t \right) \right\}$ よって、$I = \frac{E}{R} \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{R}{L} t \right) \right\}$
(4)	$\tau = \frac{L}{R}$

近畿大学大学院 産業理工学研究科 産業理工学専攻 博士前期課程

9月募集(一般入学選考) 入試問題(電子情報工学コース)

電磁気学 出題意図

【設問1】

本設問の出題意図は、学部教育の電磁気学でよく取り扱われる「同心球コンデンサ」の静電容量を、「ガウスの法則」や、「電位差」および「静電容量」の定義を用いて導出させ、これらを理解できているかを確認することにある。さらに、これに付随した数学的な能力(ベクトル解析)を確認する意図もある。

【設問2】

本設問の出題意図は、学部教育の電磁気学でよく取り扱われる「トロイダルコイル」の自己インダクタンスを、「アンペールの法則」や、「磁束」や「誘導起電力」、および「自己インダクタンス」の定義を用いて導出させ、これらを理解できているかを確認することである。

【設問3】

本設問の出題意図は、インダクタを含む電気回路における過渡現象を理解しているかを確認することにある。与えられた回路図を読み解いて回路方程式を立式し、それを正しく解けるかを確認する。本設問においては回路方程式が一階の微分方程式になるように作題しており、一階の微分方程式が正しく解けるかという数学力を試す意図もある。