

東京工業大学大学院理工学研究科 電気電子工学専攻・電子物理工学専攻
大学院修士課程入試問題 平成19年8月21日実施

専門科目 電磁気学(午後)

20 大修

時間 13:30 ～ 15:00

電気電子工学
電子物理工学

注 意 事 項

1. 解答は問題ごとに指定されている答案用紙に記入せよ。
 2. すべての答案用紙に受験番号を記入せよ。
 3. 電子式卓上計算機などの使用は認めない。
-

1. 半径 a の円柱状導体と内半径 b の中空円筒状導体が、図 1.1 に示すように両端および中心軸が一致するよう同軸状に配置されている。2 つの導体は完全導体で、軸方向の長さはいずれも L であるとする。また、空間の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 に等しく、端部効果は無視する。導出過程を明記して、以下の問に対する答えを答案用紙の所定欄に記入せよ。

- 1) 図 1.1 に示すように、スイッチ S を閉じて 2 つの導体間に電圧 V_0 の直流電源を接続した。内導体に蓄えられる電荷 Q_0 を求めよ。ただし、電荷は 2 つの導体が向い合った導体表面に一様な面密度で分布するものと仮定してよい。
- 2) 問 1) の状態の後に、スイッチ S を開いて導体に接続された電源を切り離し、帯電していない比誘電率 ϵ_r の筒状の誘電体を、図 1.2 の断面図に示すように、2 つの導体に挟まれた空間に導体の端からゆっくりと挿入する。筒状の誘電体は、内半径が a 、外半径が b 、軸方向の長さが L で、2 つの導体間に隙間なく収まるようになっており、変形しないと考える。誘電体を軸方向に長さ x だけ挿入した状態で、2 つの導体間の電位差 V を求めよ。また、誘電体の挿入長 x に対する電位差 V の変化を答案用紙に図示せよ。ただし、 $0 \leq x \leq L$ とする。
- 3) 問 2) で考えたのと同じ誘電体の挿入長が x の状態で、図 1.3 に示すようにスイッチ S を閉じて 2 つの導体間に電圧 V_0 の直流電源を接続した。内導体に蓄えられる電荷 Q を問 1) で求めた Q_0 を使って表せ。
- 4) 問 3) の条件で、スイッチ S を閉じたまま、誘電体の挿入長 x を Δx ($\Delta x > 0$) だけ増加させると、電極間に蓄えられる静電エネルギーはどのように変化するか解答せよ。
- 5) 問 4) のとき、誘電体にはたらく力の大きさと方向を求めよ。ただし、誘電体と導体間に摩擦はなく、重力は考えないものとする。

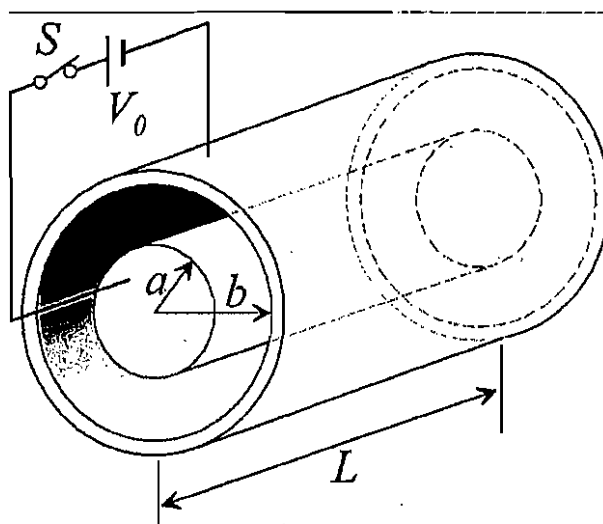


図 1.1

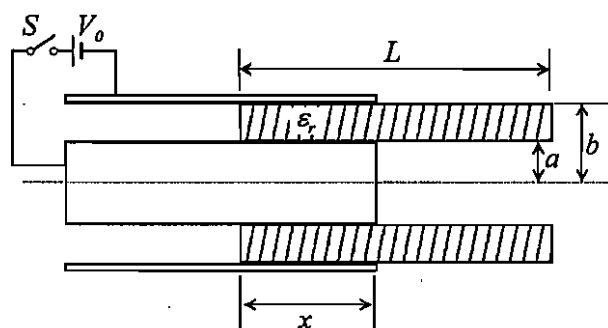


図 1.2

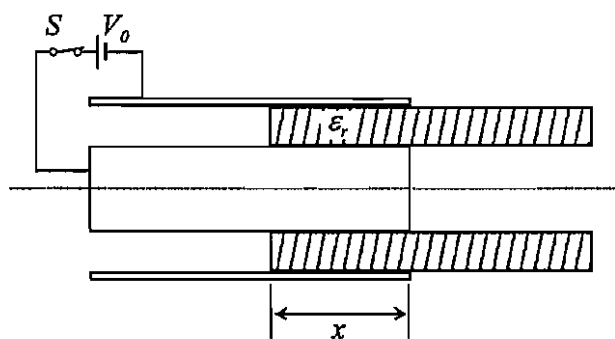


図 1.3

2. 図 2.1 に透磁率 μ の角形鉄心 C, D を組み合わせた様子を示す。C, D の y 軸方向の長さは等しく, y 軸の方向にそろえて水平面上に置いてある。図中 S で示す C の一方の端面は $x = 0$ にあり, これと平行に対向配置された D の端面は $x = x_0 (> 0)$ の位置にある。両端面とも同一の長方形で, 面積はともに S である。C の他の端面は, 図中破線内に示すように D に密着配置され, C, D は一体の磁性体と見なすことができる。ただし, D は水平面上を C と接触しながら x 軸の正負方向にのみ摩擦無く移動することができる。長さ x_0 のギャップ間および鉄心以外の透磁率は真空の透磁率 μ_0 で表される。C, D とギャップを含めた平均磁路長は ℓ_0 , 鉄心の平均磁路長は ℓ であり, $\ell_0 = \ell + x_0$, $\ell \gg x_0$ の関係がある。鉄心内の全磁束 Φ は場所によらず等しく, ギャップにおける磁束の漏れは無い。C には抵抗が無視できる N 回巻きの導線が絶縁して取り付けられており, 巻線内の全磁束は鉄心内の全磁束 Φ と等しい。なお, 巻線電流 i および巻線電圧 v を図 2.1 の方向に定義する。導出過程を明記して, 以下の問の答えを答案用紙の所定欄に記入せよ。

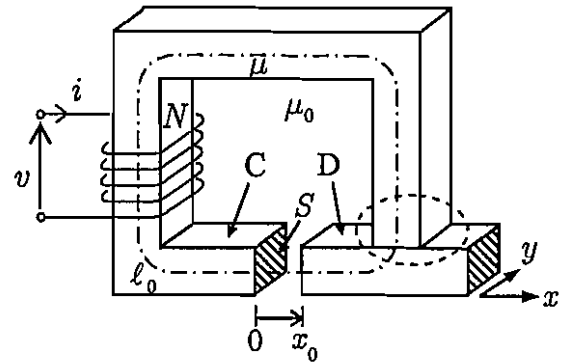


図 2.1

- 1) 鉄心 D は固定され, ギャップ長 x_0 は一定とする。一定の巻線電流 $i = I$ が流れたときの, ギャップ間の磁界の強さ H_g , および鉄心内の全磁束 Φ を求めよ。ただし, μ は有限値とする。
- 2) 問 1) の条件で, 巻線との鎖交磁束を求めよ。
- 3) 問 1) の条件で, 鉄心内とギャップ間に蓄えられる磁気エネルギーの総和 W_m を, ギャップ間の磁束密度 B を用いて表せ。
- 4) 問 1) の条件で, ギャップ間の両鉄心端面に加わる力の大きさを, ギャップ間の磁束密度 B を用いて表せ。また, 力の方向を説明せよ。
- 5) 鉄心の透磁率 $\mu \rightarrow \infty$ とした場合に, ギャップ長 x_0 を一定として, 時間変化する巻線電流 i を流したとき, 巻線電圧 v を巻線電流の時間変化率 $\frac{di}{dt}$ を使って表せ。
- 6) 鉄心の透磁率 $\mu \rightarrow \infty$ とした場合に, 巻線電流 i とギャップ長 x_0 がともに時間変化するとして, 巻線電圧 v を求めよ。