図 1 のように，断面積が S〔m^2〕で透磁率が μ〔N/A^2〕の細長い鉄心に，1 m あたり n 巻きの十分に長いコイル A が巻かれ，その上から長さ l〔m〕で巻き数 N のコイル B が同じ向きに巻かれて，固定されている．コイル A には内部抵抗をもつ電源が，コイル B には十分大きな抵抗値 R〔Ω〕をもつ抵抗とスイッチ SW が，それぞれつながれている．スイッチ SW は最初開いている．コイル A の断面積は，鉄心の断面積 S に等しく，コイル A 内の磁束密度は一様とする．コイル A を流れる電流により生じた磁束はすべてコイル B 内を貫く．また，導線の抵抗とコイルの抵抗，コイル B に流れる電流による磁束の変化は無視できる．以下の問い (1) ～ (5) に答えよ．

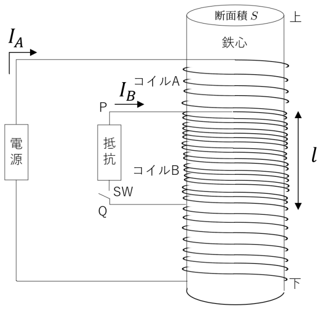

図 1

初めに，コイル A に図 1 の矢印の向きに I_A〔A〕の電流を流すと鉄心中にコイル A の軸に平行な磁場が生じた．

(1) コイル A の断面を貫く磁束 Φ〔Wb〕を求めよ．また，磁場の向きは上向き，下向きのいずれか答えよ．

次に，微小時間 Δt〔s〕の間にコイル A の電流を ΔI_A〔A〕だけ増加させた．このとき，コイル A を貫く磁束は $\Delta\Phi$〔Wb〕だけ変化し，コイル B の P と Q の間に誘導起電力 V_B〔V〕が生じた．ここで，誘導起電力は Q での値を基準とした．

(2) V_B を $\Delta\Phi$ を用いて表せ．

(3) V_B を ΔI_A を用いて表せ．

(4) このときの A と B の間の相互インダクタンス M〔H〕を求めよ．

今度は，スイッチ SW を閉じて，コイル A に流れる電流を Δt 間に ΔI_A だけ増加させた．

(5) このとき，抵抗に流れる誘導電流 I_B〔A〕を ΔI_A, R を用いて表せ．ただし，電流 I_B の流れる向きは図 1 の流れる向きを正とする．

【解答】

(1) 向きは上向き．また，コイル A は 1m あたりの巻数 n より磁束密度は $\mu n I_A$ であり，

$$\Phi = \mu n I_A S \text{〔Wb〕}$$

(2) レンツの法則よりコイル B に生じる誘導起電力は正である．ファラデーの法則より

$$V_B = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\text{〔V〕}$$

(3) (1) の結果より，$\Delta\Phi = \mu n \Delta I_A S$．したがって

$$V_B = \mu n N S\frac{\Delta I_A}{\Delta t}\text{〔V〕}$$

(4) (3) の結果から $M = \mu n N S$〔H〕

(5) レンツの法則より誘導起電力は上向きに生じる．オームの法則より，

$$-\mu n N S\frac{\Delta I_A}{\Delta t} = R I_B$$
$$\therefore I_B = -\frac{\mu n N S}{R}\frac{\Delta I_A}{\Delta t}$$