

(問題8の続き)

電流を0から  $I$  まで増大させるために外部からなされた仕事は、 $U =$  (ウ) なるエネルギー (磁場のエネルギー) として閉ループに蓄えられることになる。

次に、二つの閉ループ A, B によって形成される系を考える。それぞれの閉ループの自己インダクタンスを  $L_A, L_B$ , 相互インダクタンスを  $M$  とし、閉ループ A には電流  $I_A$  が、閉ループ B には電流  $I_B$  が流れているものとする。このとき、閉ループ A を貫く磁束は  $\Phi_A =$  (エ) となり、閉ループ B を貫く磁束は  $\Phi_B =$  (オ) となる。このとき、この系全体に保持される磁場エネルギーは  $U =$  (カ) である。

ただし、各々の閉ループの電気抵抗は無視してよい。

問3 以下の設問(1)~(3)に答えよ。

(1) 電場ベクトルを  $\mathbf{E}$ , 磁束密度ベクトルを  $\mathbf{B}$ , 伝導電流密度ベクトルを  $\mathbf{j}$ , 電荷密度を  $\rho$ , 真空中の誘電率を  $\epsilon_0$ , 透磁率を  $\mu_0$  とするとき、真空中のマクスウェル方程式のセット: (a) 電場の発散, (b) 磁束密度の発散, (c) 電場の回転, (d) 磁束密度の回転に関する式を、それぞれ書き下せ。

(2) 上記の内, (a) と (d) をもとに,  $\mathbf{j}$  と  $\rho$  の関係式を導き, その物理的意味を説明せよ。

(3) (c) と (d) をもとに, 「エネルギー保存」に関する式を導き, その物理的意味を説明せよ。

ただし, 必要に応じて  $\nabla \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) = \mathbf{B} \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) - \mathbf{A} \cdot (\nabla \times \mathbf{B})$  の関係を用いてよい。